



pesconf.nuczu.edu.ua

ПРОБЛЕМИ
НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ

Civil Security
Цивільна безпека

International Scientific
Applied Conference
"PROBLEMS
OF EMERGENCY SITUATIONS"

Chemical Technology and Engineering
Хімічна технологія та інженерія

Physics and Materials Science
Фізика та матеріалознавство

Applied Geometry, Engineering Graphics and Information Technology
Прикладна геометрія, інженерна графіка та інформаційні технології

Cherkasy



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

**Проблеми
надзвичайних
ситуацій**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
21 травня 2026 року

Редакційна колегія

Ігор ТОЛОК, к.пед.н., доцент, лауреат Державної премії України в галузі освіти, Заслужений працівник освіти України, Національний університет цивільного захисту України;

Юрій БОГУРСЬКИЙ, начальник Управління освіти, науки та спорту Державної служби України з надзвичайних ситуацій;

Олександр ДЖУЛАЙ, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;

Євгеній РИБКА, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Роман ПОНОМАРЕНКО, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Руслан МЕЛЕЩЕНКО, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Олександр ПОПОВ, д.т.н., професор, член-кореспондент Національної академії наук України, Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики Національної академії наук України;

Валентин МЕЛЬНИК, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України;

Володимир АНДРОНОВ, д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національна академія Національної гвардії України;

Василь ПЕТРУК, д.т.н., професор, Заслужений природоохоронець України, Вінницький національний технічний університет;

Jenq-Renn CHEN, PhD, Professor, National Kaohsiung University of Science and Technology (Taiwan);

Юрій ОТРОШ, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Andy DUNCAN, International Committee of the Red Cross (Switzerland);

Юлія ДАНЧЕНКО, д.т.н., професор, Національна академія Національної гвардії України;

Wolfgang Karl-Heinz REICH, Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence Centre of Excellence (Czech Republic);

Вадим НІЖНИК, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Luca ROMANO, Avvocato dell'Atomo (Italy);

Оксана КИРИЧЕНКО, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України;

Dieter ROTHBACHER, CBRN Protection GmbH (Austria);

Микола СУР'ЯНИНОВ, д.т.н., професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури;

Erika SUZUKI, Gamma Reality Inc. (USA);

Konstantinos SOTIRIADIS, Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Czech Academy of Sciences (Czech Republic);

Андрій БАМБУРА, д.т.н., професор, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»;

Oksana TELAK, DSc, Main School of Fire Service (Poland);

Марія БАРАБАШ, д.т.н., професор, ТОВ «ЛІРА-САПР», Державне некомерційне підприємство «Державний університет «Київський авіаційний інститут»;

Oleh TURUTANOV, PhD, Comenius University (Slovakia);

Сергій БЛИК, д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва і архітектури;

Денис ГРЕЦЬКИЙ, к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет;

Василь ГОЛІНЬКО, д.т.н., професор, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»;

Олександр ГОЛОДНОВ, д.т.н., професор, Національний авіаційний університет;

Rajnai ZOLTÁN, DSc, Professor, Óbuda University (Hungary);

Богдан ДЕМЧИНА, д.т.н., професор, Національний університет «Львівська політехніка»;

Laura COCHRANE, Emergent Countermeasures International Limited Company (United Kingdom);

Lucia FIGULI, PhD., Armed Forces Academy of General Milan Rastislav Štefánik (Slovakia);

Андрій КОНДРАТЬЄВ, д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова.

Відповідальний секретар: **Ніна РАШКЕВИЧ**, PhD, Національний університет цивільного захисту України.

Секретарі: **Ірина МЕЛЬНИК**, **Едуард ШОЛОКОВ**, **Владислав ЛОМАКІН**, **Вікторія ДАГІЛЬ**, **Людмила АНДРЕЄВА**, Національний університет цивільного захисту України.

Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: НУЦЗ України, 2026. 566 с.

У збірнику включено матеріали міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**», яка відбулася на базі Національного університету цивільного захисту України, за такими тематичними напрямками: запобігання надзвичайним ситуаціям; моніторинг та управління у сфері цивільного захисту; реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків; хімічні технології та інженерія, радіаційний та хімічний захист; екологічна безпека та охорона праці.

Рекомендовано до друку вченою радою навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки (протокол № 3 від 24.03.2026 р.).

Шановні колеги та колежанки!

Вітаю всіх із відкриттям Міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**».

Маю приємну нагоду привітати від імені наукових та науково-педагогічних працівників Національного університету цивільного захисту України всіх учасників наукового форуму, який вже 7-й рік поспіль проводиться в стінах нашого закладу вищої освіти.

У сучасних умовах перед підрозділами ДСНС постають складні й багатогранні завдання, пов'язані, на жаль, із високим ризиком для життя. Докладаючи максимум зусиль, рятувальники на всіх напрямках своєю щоденною працею доводять, що людське життя є найвищою цінністю, особливо в час, коли агресор нещадно руйнує все навколо.

Наш захід, без сумніву, відповідає викликам сьогодення. Питання, винесені на обговорення у межах конференції, є актуальними, пріоритетними та суспільно значимими.

Маю надію, що наша конференція зробить вагомий внесок у розвиток пріоритетної для України рятувальної справи.

Традиційними стали доповіді, присвячені питанням запобігання надзвичайним ситуаціям, науково-практичним аспектам моніторингу та управління у сфері цивільного захисту, реагуванню на надзвичайні ситуації та ліквідації їх наслідків, хімічним технологіям та інженерії, радіаційному й хімічному захисту, екологічній безпеці та охороні праці. Адже багатьох надзвичайних ситуацій можна було б уникнути або зменшити їхні наслідки за умови використання сучасних методів та засобів запобігання.

Приємно відзначити участь у конференції та всебічну підтримку наших колег Азербайджанської Республіки, Чеської Республіки, Словацької Республіки, Республіки Польща, Швейцарської Конфедерації та Королівства Іспанія.

Бажаю всім учасникам Міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**» міцного здоров'я, родинного затишку, творчої наснаги та вагомих професійних здобутків. Нових відкриттів, успішної реалізації наукових ідей та натхнення для подальшої праці задля добробуту українського народу й процвітання України.

Разом до Перемоги! Слава Україні!

Ректор Національного університету
цивільного захисту України,
генерал-майор

Ігор ТОЛОК

СЕКЦІЯ 1

ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

УДК 614.84

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Андрієнко М. В., д.держ.упр., професор,

Бойко О. А., к.держ.упр.,

*Гаман П. І., д.держ.упр., професор, Заслужений працівник охорони здоров'я України, нагороджений орденом «За заслуги» III ступеня
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

В умовах дії воєнного стану з особливою гостротою постають питання цивільного захисту об'єктів підвищеної небезпеки та захисту критичної інфраструктури, оперативного реагування на надзвичайні ситуації на них, ефективної ліквідації їх наслідків.

Це підтверджується наслідками надзвичайної ситуації державного рівня воєнного характеру, яка зареєстрована 24 лютого 2022 року унаслідок широкомасштабної збройної агресії РФ проти України та розвиток якої триває. За оперативною інформацією станом на 1 січня 2026 року агресором зруйновано та пошкоджено понад 236,177 тисяч об'єктів інфраструктури, зокрема: 10 тис. 078 об'єктів життєзабезпечення, 1 тис. 732 об'єкти транспортної інфраструктури, 4 тис. 216 закладів освіти, 1 тис. 791 заклад охорони здоров'я, 201 тис. 211 житлових будинків, 1 тис. 157 адміністративних будівель, 15 тис. 992 інших (невійськових) об'єктів. Підрозділами ДСНС здійснено 247 тис. 671 виїзд на ліквідацію наслідків обстрілів населених пунктів, врятовано життя 6 тис. 926 осіб, ліквідовано 31 тис. 803 пожежі [1].

У роботах [2, 3] досліджено питання упровадження вдосконалених підходів до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки (далі – ОПН) та деякі підходи до забезпечення стійкості системи державного регулювання ОПН й об'єктів критичної інфраструктури. Дослідниками [3, 4] також доведено необхідність подальшого вдосконалення державної політики та державного управління, запровадження сучасних підходів на актуальному напрямку захисту критичної інфраструктури.

Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо об'єктів підвищеної небезпеки» від 15 липня 2021 року № 1686–IX із чинного на той час законодавства вилучено термін «потенційно небезпечний об'єкт», уточнено чинні та введено низку нових понять, визначено, що ДСНС здійснює координацію дій інших органів з метою попередження надзвичайних ситуацій, а також направляє аварійне оповіщення та інформацію у випадку транскордонного впливу аварії на ОПН в іншій країні.

Змінився алгоритм дій із забезпечення цивільного захисту на ОПН, зокрема проведення ідентифікації ОПН, скасовано декларації безпеки на ОПН, натомість оператори ОПН 1 та 2 класу зобов'язані самостійно визначати і затверджувати політику запобігання аваріям на цих об'єктах, розробляти звіт про заходи безпеки на ОПН, впорядковано процедуру ведення обліку ОПН та ведення Державного реєстру об'єктів підвищеної небезпеки.

Наразі запроваджено розподіл ОПН на три класи відповідно до чинного законодавства з метою розмежування вимог з урахування класу небезпеки та встановлення конкретних вимог до кожного класу ОПН. Такий підхід дозволяє врахувати вимоги Директиви Севезо III не тільки для об'єктів, аварія на яких може становити значну загрозу, у тому числі на транскордонному рівні (1 і 2 класи ОПН), але й враховувати вимоги національного законодавства для об'єктів, на яких можуть виникнути значні аварії, що можуть загрожувати безпеці населення на території України (3 клас).

Належність об'єктів до ОПН відповідного класу наведено на рис. 1.

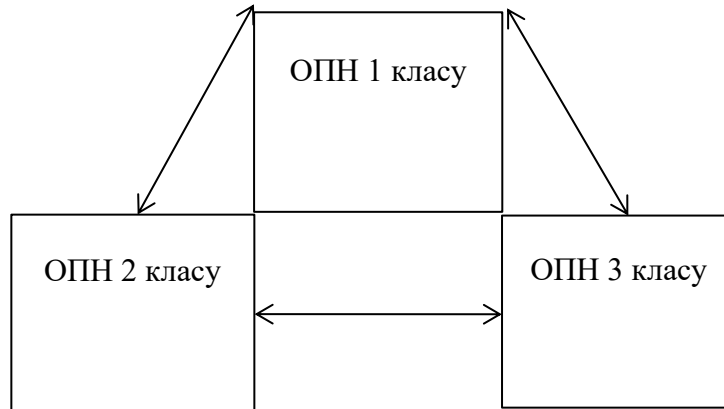


Рисунок 1 – Належність об'єктів до ОПН відповідного класу

Узагальнено авторами

Важливими етапами формування державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури стало прийняття Закону України від 16 листопада 2021 року № 1882-IX «Про критичну інфраструктуру» та видання Указу Президента України від 27 вересня 2021 року № 479/2021 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 серпня 2021 року «Про запровадження національної системи стійкості».

Впроваджена національна система стійкості, зокрема, передбачає забезпечення функціонування такого базового елемента, як безпека та захищеність об'єктів критичної інфраструктури, а також спроможність єдиної державної системи цивільного захисту до дій в умовах загрози чи виникнення надзвичайних ситуацій, адже ДСНС належить до суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації, які виникли в Україні упродовж 2025 року. Вебсайт ДСНС. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/5/4/5/2/2/7/12-2026.pdf> (дата звернення: 12.03.2026).
2. Бойко О. А. Об'єкти підвищеної небезпеки: упровадження вдосконалених підходів до їх ідентифікації. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2023. № 1 (15). С. 83–91.
3. Помаза-Пономаренко А. Л., Тарадуда Д. В. Забезпечення стійкості системи державного регулювання об'єктів підвищеної небезпеки й об'єктів критичної інфраструктури. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2024. № 4.
4. Бойко О. А. Державна політика та державне управління у сфері захисту критичної інфраструктури. Науковий вісник: Державне управління. 2024. № 2 (16). С. 137–156.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КЛАСІВ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН ЗА КРИТЕРІЄМ ГОСТРОЇ ТОКСИЧНОСТІ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Афанасенко К. А., к.т.н., доцент,

Григоренко О. М., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Аналіз небезпеки хімічних речовин в Україні при ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки базується на дуалістичному підході, який часто створює колізії при інтерпретації ризиків. Необхідно чітко розмежувати ці дві системи координат.

Так, у відповідності по ПКМУ № 1030 [1], наводяться нормативи порогових мас як для речовин за індивідуальними назвами, так і за категоріями небезпеки. При цьому, віднесення до Секції «Н» Загрози для здоров'я людини залежить від категорії небезпеки речовини у відповідності до параметрів гострої токсичності у разі однократного введення у шлунок або нанесення на шкіру, а також інгаляційного впливу протягом чотирьох годин.

Значення токсичності речовин за категоріями небезпеки наведено на рис. 1.

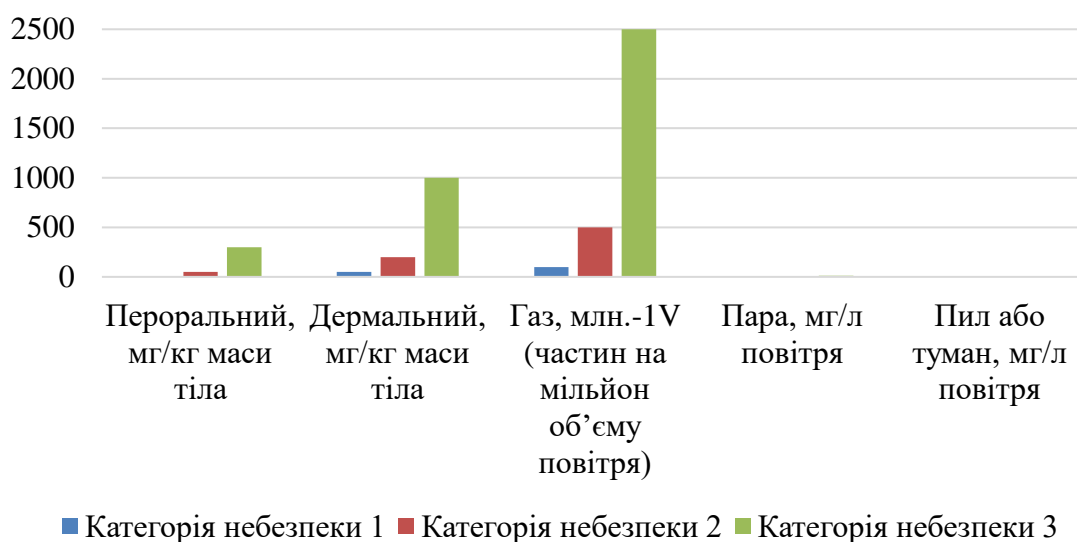


Рисунок 1 – Категорії небезпеки гострої токсичності та їх значення

У відповідності до поставленої задачі проведено оцінку співвідношення мас в 1, 2 та 3 категорії небезпек у відповідності до формул:

$$\Delta_{3i} = \frac{m_{3i}}{m_{1i}}, \quad (1)$$

$$\Delta_{2i} = \frac{m_{2i}}{m_{1i}}, \quad (2)$$

де m_{1i} , m_{2i} та m_{3i} – табличне значення найбільших порогових мас для 1, 2 та 3 категорії токсичності.

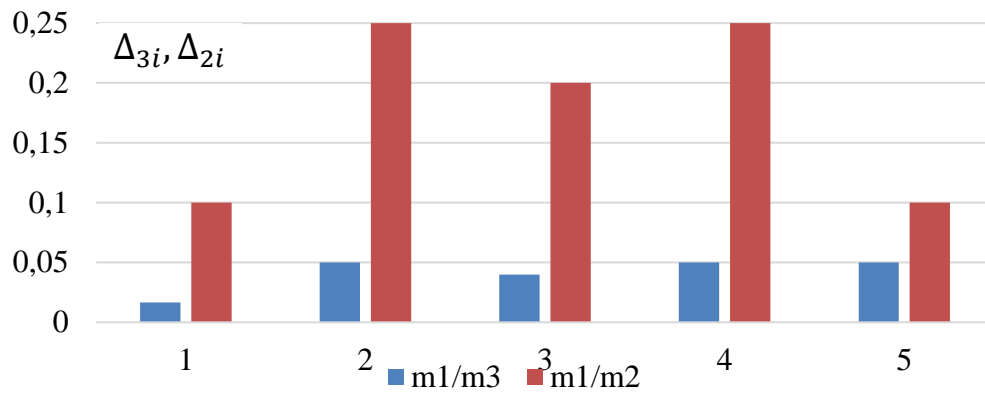


Рисунок 2 – Співвідношення мас небезпечних речовин в категорії небезпек

Аналіз рис. 2 показує нерівномірність співвідношення граничних концентрацій небезпечних речовин у категоріях. Так Δ_{3i} змінюється в інтервалі від 0,05 до 0,16, а Δ_{2i} 0,1 до 0,25. Таким чином Δ_{3i} можуть відрізнятись на 300 %, Δ_{2i} більш ніж на 250 %.

Аналогічно до співвідношення за категорією небезпек хімічних речовин проведено оцінку відношення порогових мас за секційною небезпекою (3–4).

$$\delta_{3i} = \frac{Q_{3i}}{Q_{1i}}, \quad (3)$$

$$\delta_{2i} = \frac{Q_{2i}}{Q_{1i}}, \quad (4)$$

де Q_{1i} , Q_{2i} та Q_{3i} – табличне значення порогових мас для 1, 2 та 3 класу небезпеки.

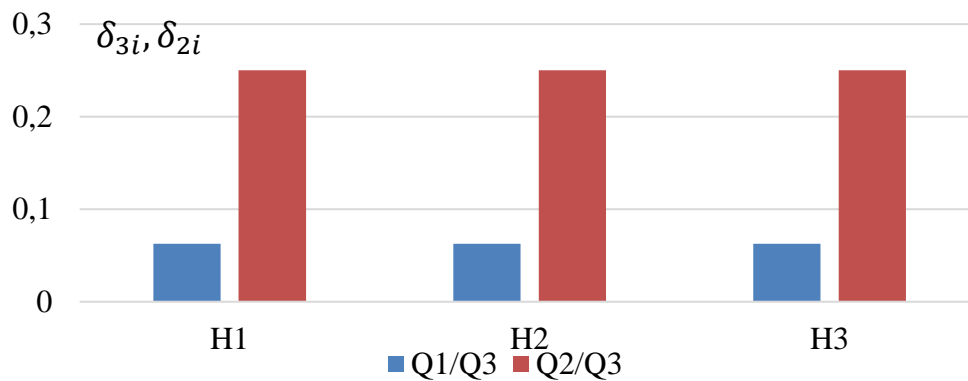


Рисунок 3 – Співвідношення порогових мас небезпечних речовин для секції «Н» Загрози для здоров'я людини

Аналіз рис. 3 показує нерівномірність співвідношення граничних концентрацій небезпечних речовин для індивідуальних речовин. Так δ_{3i} змінюється в інтервалі від 0,06 до 0,16, а δ_{2i} 0,25 до 0,4. Таким чином δ_{3i} можуть відрізнятись на 300 %, δ_{2i} більш ніж на 250 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки : Постанова Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022 р. № 1030. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1030-2022-%D0%BF> (дата звернення: 01.03.2026).

ЩОДО ПИТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТА ГЕОМЕТРІЇ АЕРОЗОЛЬНОЇ ХМАРИ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ГОРІННЯ НА ВІДКРИТОМУ ПРОСТОРИ

*Баланюк В. М., д.т.н., доцент,
Мирошкін В. С.,
Гусар Н. І.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Питання гасіння пожеж горючих рідин за допомогою аерозольних систем активно висвітлюється в сучасній науковій літературі, оскільки такі засоби дозволяють розширити можливості локального пожежного захисту. Однією з ключових робіт у цьому напрямку є дослідження Баланюка В. М. та Гарасим'юка О. І., де автори показали доцільність спільного використання аерозолів, газових та порошкових складів та аерозольних рідких матеріалів [1]. У роботах С. М. Бондаренка запропоновано конструктивні рішення для генераторів вогнегасних аерозолів та розглянуто інженерні параметри подачі заряду [2]. Дослідження А. В. Кравченка доповнило загальну картину, оскільки автор детально проаналізував взаємодію аерозольних сумішей з рідкими легкозаймистими середовищами та з'ясував механізми підшарового гасіння спиртових сумішей [3].

Експериментальні дослідження, присвячені роботі аерозольних складів у відкритому середовищі, також займають помітне місце в науковій літературі. Зокрема, роботи В. М. Баланюка [1, 3, 4] представляють результати вимірювань концентрацій аерозолу на відкритому повітрі та показують ефективність імпульсного методу гасіння горючих рідин. Однак ці роботи зосереджені переважно на оцінці концентрації реагенту та майже не торкаються питання формування самої хмари, її геометрії та змін з часом в умовах природної конвекції – фактора, який має суттєве значення для інженерних розрахунків у відкритому космосі [5]. У прикладних дослідженнях з пожежного захисту значна увага приділяється високодисперсним аерозольним реагентам та середовищам на водній основі. У роботі [6] З. Суня та співавторів розглянуто вплив теплових потоків на формування полум'я вибухонебезпечних рідин та показано обмеження традиційних вогнегасних речовин в умовах нестабільного руху повітря. Дослідження Дж. Лу та І. Лю [7] присвячено оцінці ефективності локальних систем пожежогасіння на критичних енергетичних об'єктах; автори звертають увагу на важливість імпульсного введення реагенту та контролю його розподілу.

Таким чином, отримані результати свідчать про те, що найсуттєвіший вплив на ефективність має поєднання конвекції та вітрового переносу, що обмежує час існування робочої концентрації приблизно 8–10 секундами.

Отримані результати особливо корисні для об'єктів критичної інфраструктури, де пожежі часто виникають на відкритому повітрі, а можливості подачі води чи інших традиційних засобів обмежені. У таких ситуаціях важливо не тільки вибрати відповідний реагент, але й забезпечити достатню концентрацію аерозолу саме в активній зоні полум'я – і зробити це за той короткий проміжок часу, коли система здатна діяти найефективніше. Тому важливо заздалегідь визначити, з яким типом горючого середовища працюватиме система, оскільки саме від цього залежить подальша експериментальна перевірка та розрахункові моделі локального пожежогасіння, зокрема на трансформаторних підстанціях.

Пожежі на трансформаторних підстанціях ускладнюються тим, що трансформаторна олія горить з інтенсивним виділенням тепла, утворює потужний факел і тривалий час підтримує високу температуру продуктів горіння. Таким чином необхідно

значити що за таких умов ефективно працюють лише високодисперсні інгібітори зокрема вогнегасні аерозолі, які здатні досить ефективно екранувати тепловий потік [3] і пригнічувати радикальні ланцюгові реакції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Harasymiuk, O. I. (2016). Rozvytok naukovykh aspektiv kombinovanoho zastosuvannya vohnehasnykh aerezoliv, haziv ta poroshkiv [Development of scientific aspects of combined application of fire-extinguishing aerosols, gases and powders] (Candidate of Technical Sciences thesis). Lviv, Ukraine. [in Ukrainian].

2. Kravchenko, A. V. (2021). Pidsharove hasinnia spyrtyv vohnehasnym aerezolem [Sub-layer extinguishing of alcohols with fire-extinguishing aerosol] (PhD thesis). Lviv, Ukraine. [in Ukrainian].

3. Bondarenko, S. M. (2004). Rozrobka heneratoriv vohnehasiachoho aerezoliu iz pokrashchenymy kharakterystykamy [Development of fire-extinguishing aerosol generators with improved characteristics] (Candidate of Technical Sciences thesis). Kharkiv, Ukraine. [in Ukrainian].

4. Balanyuk, V. M. (2015). Vyznachennia efektyvnosti hasinnia vohnehasnymy aerezoliamy horiuchykh ridyn na vidkrytomu prostori [Determination of the extinguishing efficiency of combustible liquid fires by fire-extinguishing aerosols in open space]. Skhidno-Yevropeyskyi zhurnalпередовykh tekhnolohii [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]. 5(10(77)). 77–83. URL:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51399> [in Ukrainian].

5. Liu, Y., Li, B., Wu, C., Chen, B., & Pan, B. (2022). Effectiveness test and evaluation of transformer fire extinguishing system. Fire Technology. 58. 3167–3190. URL:<https://doi.org/10.1007/s10694-022-01297-0> [in English].

6. Sun, R., et al. (2021). Experimental research on the combustion characteristics of transformer oil jet fires in oil-filled equipment under heat. ACS Omega. 6(47). 31843–31853. URL:<https://doi.org/10.1021/acsomega.1c04551> [in English].

7. Lu, J., Chen, B. H., Liang, P., et al. (2019). Experimental evaluation of protecting high-voltage electrical transformers using water mist with and without additives.

ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ БУДІВЕЛЬ Й СПОРУД ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕКСПЕРТИЗИ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ НА БУДІВНИЦТВО

*Балдук Г. П.¹, к.т.н.,
Беспалова А. В.², д.т.н., професор,
Балдук П. Г.², к.т.н., доцент*

¹ТОВ «АЛБАТЕК ЮА»,

²Державна академія будівництва та архітектури

Попередження виникнення надзвичайних ситуацій шляхом виявлення потенційних ризиків на етапі експертизи проєктної документації на будівництво є актуальним завданням для зміцнення національної безпеки та підвищення стійкості критичної й цивільної інфраструктури.

Експертиза проєктної документації на будівництво є одним з елементів системного запобігання надзвичайним ситуаціям. Метою експертизи проєктної документації є визначення її якості шляхом виявлення відхилень від вимог чинних нормативних документів і законодавства України у сфері будівництва [1].

Якісне проведення експертизи з виявленням відхилень від чинних норм, правил та вимог і подальше внесення змін до проєктної документації дозволяють або запобігти виникненню надзвичайної ситуації, або мінімізувати її наслідки.

Наразі, відповідно до чинного законодавства України у сфері у сфері будівництва [1], проєктна документація для проходження експертизи подається як у паперовому, так і в електронному вигляді (формат PDF), або у вигляді електронних документів, розроблених із застосуванням технологій інформаційного моделювання будівель (BIM). Тобто, окрім паперових носіїв інформації та креслень у форматі PDF, експерти для визначення якості проєктних рішень можуть отримувати інформаційну модель (ІМ) майбутніх будівель або споруд. Наявність у експерта ІМ значно полегшує та водночас підвищує якість проведення експертизи проєктної документації, оскільки змінює сам підхід до цього процесу. Експерт вже не лише аналізує розрізнені креслення, а здійснює комплексну перевірку ІМ об'єкта. ІМ є сукупністю інформаційних наборів даних, що містять тривимірну модель з атрибутивною інформацією та характеристиками об'єкта [2].

Під час перевірки паперових креслень (або креслень у форматі PDF) експерт бачить лише ту інформацію, яку проєктувальник відобразив у відповідному комплекті. Крім того, експерту необхідно додатково витратити час на зіставлення креслень із різних розділів для комплексного розуміння прийнятих проєктних рішень. При цьому окремі елементи можуть бути відображені умовно або не відображені з метою забезпечення читабельності креслень. Також документація може бути подана у вигляді схем.

Натомість використання під час експертизи єдиної ІМ об'єкта не лише дає можливість швидше розпочати аналіз якості проєктних рішень завдяки їх комплексному тривимірному відображенню, а й дозволяє перевіряти атрибутивну інформацію елементів ІМ, виявляти колізії та оцінювати рівень деталізації проєктної документації.

Завдяки наявності атрибутивної інформації [3] елементів ІМ експерт може перевіряти дотримання вимог щодо застосування матеріалів, їх екологічності та відповідності нормативним документам, наприклад зокрема ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Наприклад, при перевірці експерт з ІМ може отримати характеристики усіх матеріалів та усього інженерного обладнання.

Наявність тривимірної моделі також надає експерту можливість самостійно перевіряти геометричні характеристики об'єкта без прив'язки до окремих планів чи

розрізів, оформлених проектувальником, що дозволяє виявляти потенційні «вузькі місця». Це необхідно, також тому що, іноді певні елементи на оформлених проектувальниками планах відображаються умовно, без відображення їх реальної геометрії. А наявність тривимірної ІМ дозволяє, експерту дізнатися чи буде ця геометрія критично впливати наприклад на вимоги щодо інклюзивності [4] або норм пожежної безпеки щодо евакуації [5].

Перевірка ІМ під час експертизи надає експертам багато переваг, та дозволяє оперативніше аналізувати: просторові конфлікти між конструкціями, інженерними мережами та архітектурними рішеннями; помилки прив'язки обладнання; невідповідність габаритів і відстаней нормативним вимогам; площі, об'єми, висоти та відступи; евакуаційні шляхи; доступність для мало мобільних груп населення (МГН); протипожежні розриви; тощо. Наявність ІМ також сприяє зменшенню впливу людського чинника під час експертизи завдяки можливості: швидко орієнтуватися в об'єкті; виконувати розрізи у будь-якому місці моделі; переглядати елементи у тривимірній моделі; отримувати атрибутивну інформацію безпосередньо з ІМ.

Використання ІМ будівель і споруд під час проходження експертизи проектною документації фактично переводить експертизу від перевірки креслень до перевірки цифрового прототипу майбутнього об'єкта, що підвищує її якість. Це, своєю чергою, сприяє попередженню виникнення надзвичайних ситуацій шляхом виявлення потенційних ризиків ще на етапі експертизи та зміцнює національну безпеку й стійкість критичної та цивільної інфраструктури [6]. Водночас такий перехід потребує належного рівня компетентності як проектувальників, що розробляють ІМ, так і експертів, які здійснюють її перевірку. Крім того, необхідною є подальша актуалізація чинного законодавства України у сфері будівництва з урахуванням широкого впровадження BIM-технологій [7, 8].

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8907:2019 Настанова щодо організації проведення експертизи проектною документації на будівництво. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 18 с.
2. Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження будівельного інформаційного моделювання (BIM-технології) на всіх етапах життєвого циклу об'єктів та науково-технічного супроводу об'єктів, удосконалення процедури обстеження об'єктів, прийнятих в експлуатацію в установленому законодавством порядку : проект Закону України від 03.12.2021 № 6383. Київ, 2021.
3. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні: розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 152-р. Київ, 2021.
4. ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018.
5. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017.
6. Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Сур'янінов М.Г. Моделювання стійкості та надійності системи ґрунт-фундамент-будівля при дії силових та високотемпературних впливів. *Механіка та математичні методи*. VI/1. 2024. С. 36–48. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-36-48>
7. Purdenko, R., Maiboroda, R., Rashkevich, N., Otrosh, Yu. (2024). Development of a Numerical Model of the "Soil-Foundation-Building" System. *Applied Mechanics and Materials Submitted*. 924. 191–199. DOI: 10.4028/p-5OeggB
8. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N., Kondratiev, A. (2023). Optimization of calculations of building structures. *Механіка та математичні методи: науковий журнал*. Одеса : ОДАБА, Том V. Вип. 1. С. 6–13.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ТОВСТОПЛІВКОВОЇ СЕНСОРИКИ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Балицька В. О., к.ф.-м.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сенсорна техніка – невід’ємний атрибут розвитку людського суспільства на сучасному етапі. Трансформуючи ту чи іншу фізичну величину в інший сигнал, наприклад електричний, сенсори забезпечують людину життєво важливою інформацією про стан навколишнього середовища. Сенсори температури, тиску, вологості, іонізуючої радіації, газових забруднень атмосфери – ось далеко неповний перелік сенсорів за їхнім основним функціональним призначенням. Сфера застосування сенсорів неухильно зростає з року в рік, умовно вона включає наступні сектори: побутова електроніка масового вжитку (кондиціонери, аудіотехніка, мобільні телефони, сушильні шафи, блоки живлення комп’ютерної техніки, нагрівачі води, електронні термометри, пожежні детектори, домашні метеостанції, кухонні плити, НВЧ-печі, холодильні камери, термостати, тостери та ін.); автомобільна електроніка (підсилювачі звукової частоти, системи автоматичного клімат-контролю, сенсори змащування-охолодження, електричні контролери вентилятора, регулятори забруднення, температурні сенсори блоку двигуна і палива, сенсори всмоктуваного повітря, рівня масла, зовнішні температурні сенсори повітря, температурні сенсори трансмісійного масла, сенсори рівня води та ін.); медична електроніка (апаратура для аналізу крові та збагачення її киснем, клінічні термометри, стравоходи, інкубатори для новонароджених, сенсори внутрішньої температури тіла людини, регулятори температури, пристрої міокарда, катетери та ін.); промислова електроніка (серійні торговельні автомати, індикатори газових та рідинних потоків, пристрої нагріву, вентиляції та кондиціонування, контролю промислових процесів, індикатори рівня рідини, мікрохвильові вимірювачі потужності, фотообладнання, пристрої, що працюють на сонячній енергії, компенсатори термопар, термостати, пристрої очистки води, обладнання для зварювання та ін.); військова та космічна електроніка (пристрої контролю температури літаків, ракетних та космічних апаратів, системи пожежної сигналізації, компенсації осциляторів та ін.); електроніка для обробки та приготування продуктів харчування (кавоварки, системи глибокого заморожування, системи швидкого приготування їжі, системи зберігання, в т.ч. продуктів, що швидко псуються, термометри для контролю процесів приготування їжі та ін.); системи комунікації (підсилювачі, мобільні телефони, пристрої температурної компенсації обмоток котушок, стабілізації транзисторів, акумуляторні батареї, температурна компенсація транзисторів та ін.); комп’ютерна техніка (джерела живлення персональних комп’ютерів – обмежувачі пускових струмів, системи безперебійного живлення та ін.) (рис. 1).

Особливе місце в цьому переліку належить сенсорам температури та вологості. Ця проблема набрала надзвичайної ваги в країнах, де коливання температури та вологості в умовах тропічного та субтропічного клімату досягають інколи катастрофічних масштабів. В сучасних сенсорах вологості використовується ціла низка матеріалів, серед яких особливого значення мають електроліти, органічні полімери та кераміка.



Рисунок 1 – Найважливіші сфери застосування сенсорів для забезпечення життєдіяльності людини

Зокрема, розробка багатofункціональних товстоплівкових сенсорів вологості проводиться в багатьох спеціалізованих лабораторіях провідних електронних компаній. Серед найвагоміших наукових результатів в області вологочутливих товстих плівок на основі шпінельної кераміки слід відзначити досягнення італійської наукової школи. Було показано, що товсті плівки $MgFe_2O_4$ є придатними для використання у сенсорних елементах гібридних пристроїв вимірювання вологості. Вони мали прийнятні часи відклику та добру відтворюваність, але малу чутливість за низьких значень відносної вологості. Це може бути в деякій мірі усунене шляхом додавання Vi_2O_3 , однак суть даного ефекту залишилася нез'ясованою (необхідні подальші дослідження для кращого розуміння природи поведінки Vi_2O_3 у вологому середовищі) [1].

Подібний підхід був використаний німецькою науковою групою з Фраунгоферського інституту біомедичної інженерії для приготування вологочутливих плівок на основі $MnWO_4/MnWO_4$ [2]. Не менш важливі результати були отримані польською науковою групою з Вроцлавського технічного університету стосовно вологочутливих товстоплівкових елементів на основі $ZnCr_2O_4-TiO_2$, легованих LiO_2 , Si та B_2O_3 [3]. Особливо слід відзначити успішне використання ряду комп'ютерних моделей різного типу для відбору найперспективніших товстоплівкових зразків для практичного використання [4]. Проте, незважаючи на досягнуті успіхи, необхідно відзначити недостатню кореляцію отриманих результатів, особливо, в сенсі апробації розроблених теоретичних моделей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gusmano, G. (1996). Thick films of $MgFe_2O_4$ for humidity sensors. *Journal Materials Processing Technology*. 56. 589–599.
2. Qu, W. (1997). Thick-film humidity sensor based on porous $MnWO_4$ material. *Measur. Sci. Technol.* 8. 593–600.
3. Golonka, L. J. (1997). Thick-film humidity sensors. *Sci. Technol.* 8. 92–98.
4. Holc, J. (1995). Temperature characteristics of electrical properties of $(Ba,Sr)TiO_3$ thick-film humidity sensors. *Sensors and Actuators*. 1995. B 26/27. 99–102.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЗАХИСНИХ СПОРУД НА АВАРІЙНІ ВПЛИВИ

Барабаш М. С.^{1,2}, д.т.н., професор,

Бармін І. В.¹

¹Державний університет «Київський авіаційний інститут»,

² ТОВ ЛІРА САПР

Розглянуто особливості проектування та розрахунку захисних споруд при дії аварійних впливів, зокрема сейсмічних навантажень, вибухових хвиль та пожежі. Наведено аналіз конструктивних рішень та результати моделювання напружено-деформованого стану споруди каркасного типу.

Проектування захисних споруд є складним інженерним завданням, що потребує врахування комплексу небезпечних факторів. Основною метою є забезпечення стійкості, живучості та експлуатаційної придатності споруди при дії надзвичайних навантажень. Основою проектування захисних споруд є вимоги чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.2-5:2023, які передбачають забезпечення комплексного захисту від дії ударної хвилі, проникаючої радіації, високих температур і отруйних речовин. До основних принципів належать: заглиблення споруди або її обвалування ґрунтом, створення герметичного контуру, використання систем фільтровентиляції та автономних систем життєзабезпечення. Відповідно до нормативних вимог, захисні споруди повинні забезпечувати захист від ударної хвилі, високих температур, продуктів горіння, а також сейсмічних впливів.

Одним із ключових аспектів є вибір конструктивної схеми. У роботі розглянуто споруду каркасного типу із залізобетонними елементами та незнімною металевою опалубкою. Таке рішення дозволяє підвищити жорсткість конструкції, забезпечити сумісну роботу елементів і підвищити стійкість до динамічних навантажень. Незнімні металеві оболонки виконують функцію як опалубки, так і додаткового армування, що позитивно впливає на несучу здатність.

Розрахунок виконано з використанням програмного комплексу LIRA-FEM. У моделі враховано постійні, довготривалі та короткочасні навантаження, а також вітрові, сейсмічні та аварійні впливи, зокрема вибухові. Розрахунок споруди виконувався із застосуванням просторової моделі, з урахуванням взаємодії ґрунтової основи та конструкції. Було враховано податливість основи за трьома напрямками, а також тертя підшви фундаменту. Розрахункова схема прийнята рамно-в'язевою, що дозволяє адекватно відобразити роботу конструкції при складних навантаженнях.

Особлива увага приділена сейсмічним впливам. Розрахунок проводився спектральним методом з урахуванням поступальних і крутильних коливань, а також нерівномірного поля коливань ґрунту. Враховано можливе неспівпадіння центру жорсткості та центру мас, що призводить до додаткових крутильних ефектів. Отримані результати показали, що максимальні горизонтальні переміщення та перекося каркасу не перевищують допустимих значень, встановлених нормативними документами.

Для визначення найбільш несприятливих умов роботи конструкції використовувалися розрахункові сполучення навантажень (РСН), що включають постійні, довготривалі, тимчасові, вітрові та сейсмічні дії. Такий підхід дозволяє оцінити роботу споруди в реальних умовах експлуатації та забезпечити необхідний запас міцності.

Окремо розглянуто вплив вибухових навантажень. Моделювання виконувалося для різних сценаріїв: дії хвилі у напрямках по осях X, Y та Z. Враховано демпфування ґрунту та часткову передачу навантаження через засипку. Аналіз результатів показав, що навіть

при значних вибухових впливах максимальні деформації не перевищують допустимих значень, а конструкція зберігає свою цілісність.

Важливим фактором є забезпечення стійкості проти прогресуючого обвалення. Для цього передбачено конструктивні заходи, зокрема підвищення жорсткості вузлів, використання резервних шляхів передачі навантажень та застосування матеріалів з підвищеними характеристиками міцності. Такі рішення дозволяють локалізувати пошкодження та запобігти руйнуванню всієї споруди.

Також проведено аналіз роботи конструкцій при пожежному впливі. Розрахунок виконувався для стандартного температурного режиму з урахуванням зниження міцності матеріалів при нагріванні. Встановлено, що при забезпеченні необхідного захисного шару арматури та використанні додаткових вогнезахисних заходів конструкції відповідають вимогам вогнестійкості. Зокрема, рекомендовано збільшення захисного шару бетону та застосування спеціальних покриттів.

Результати дослідження підтверджують ефективність використання комбінованих конструктивних рішень для підвищення живучості споруд. Застосування гнучких розрахункових схем, демпфуючих властивостей основи та сучасних матеріалів дозволяє значно зменшити вплив аварійних навантажень.

Таким чином, забезпечення надійності захисних споруд можливе лише за умови комплексного підходу до проектування, що включає детальний аналіз усіх можливих сценаріїв навантаження. Отримані результати можуть бути використані при розробці нових та вдосконаленні існуючих конструктивних рішень для об'єктів цивільного захисту.

Висновки.

Встановлено, що застосування незнімних металевих оболонок суттєво підвищує жорсткість і несучу здатність конструкції.

Розрахунок із урахуванням сейсмічних та вибухових впливів показав відповідність споруди нормативним вимогам за деформативністю та стійкістю.

Врахування взаємодії споруди з ґрунтовою основою дозволяє більш точно оцінити напружено-деформований стан.

Запропоновані конструктивні рішення забезпечують стійкість до прогресуючого обвалення.

Додаткові протипожежні заходи гарантують необхідний рівень вогнестійкості конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту.
2. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель.
3. ДСТУ 8828:2019 Навантаження і впливи.
4. Varabash, M., Kostyra, N., Maksymenko, V., Barmin, I. (2025). Resistance of the Defense Structure of an Aircraft Hangar to Emergency Impacts. The International Conference «Problems of Emergency Situations». 81–88.

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТАЛЕВИХ РЕЗЕРВУАРІВ ПРИ ГОРІННІ НАФТОПРОДУКТІВ

Басманов О. Є., д.т.н., професор,

Карпова Д. І.

Національний університет цивільного захисту України

Вертикальні сталеві резервуари широко застосовуються для зберігання нафти та легкозаймистих рідин. У разі виникнення пожежі відбувається інтенсивний тепловий вплив на стінки резервуара, що може призвести до втрати міцності сталі, деформації листів і руйнування зварних швів. За температур 500–600 °С несуча здатність металу суттєво знижується, що створює передумови для прогресуючого руйнування конструкції та ускладнює процес гасіння.

Метою дослідження є розроблення математичної моделі, яка дозволяє визначити розподіл температури по стінці резервуара з нафтопродуктом, що горить, з урахуванням взаємодії процесів теплопровідності, випромінювання та конвекції [1].

Поширення тепла в стінці описується рівнянням теплопровідності. Враховуючи, що товщина стінки значно менша за висоту та діаметр резервуара, тривимірну задачу зведено до двовимірної. Рівняння теплового балансу має вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_s \left(\frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q}{c_s \rho_s \delta_s}, \quad t > 0, \quad 0 < z < H, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad (1)$$

де R – радіус резервуара; q – щільність теплового потоку, що отримує стінка внаслідок променевого і конвекційного теплообміну з полум'ям, рідиною, пароповітряною сумішшю і навколишнім середовищем; δ_s – товщина стінки; H – висота резервуара.

Для ділянок стінки вище рівня рідини враховано променевий теплообмін із полум'ям, поверхнею рідини, навколишнім середовищем та іншими ділянками стінки, а також конвекційний теплообмін із повітрям і парами нафтопродукту. Нижня частина стінки додатково охолоджується рідиною, що зберігається в резервуарі. Променевий теплообмін визначається за законом Стефана–Больцмана.

Інтенсивність вигорання нафтопродукту прийнята пропорційною тепловому потоку, який надходить до поверхні рідини. Зменшення рівня рідини призводить до зниження коефіцієнта взаємного опромінення між полум'ям і дзеркалом рідини, а отже – до зменшення питомої масової швидкості вигорання. Динаміка зміни рівня описується рівнянням:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\eta}{\rho_\ell}, \quad (2)$$

де η – питома масова швидкість вигорання; ρ_ℓ – густина рідини.

Чисельне розв'язання системи рівнянь виконано методом скінчених різниць. Розрахунки проведено для резервуара типу РВС-5000, заповненого бензином до половини висоти. Отримано просторово-часовий розподіл температури по стінці.

Результати свідчать, що найбільш інтенсивне нагрівання відбувається у верхній частині стінки. За 15 хвилин після початку пожежі температура верхнього краю може досягати близько 800 °С. За наявності вітру спостерігається деформація полум'я та його

зміщення за межі резервуара, що зумовлює додаткове нагрівання підвітряної сторони. У цьому випадку температура може перевищувати 950 °С. Нижня частина стінки нагрівається значно менше завдяки теплообміну з рідиною.

Показано також (рис. 1), що зі зменшенням рівня нафтопродукту скорочується довжина полум'я. Розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними не перевищує 9 %, що підтверджує достовірність запропонованої моделі.

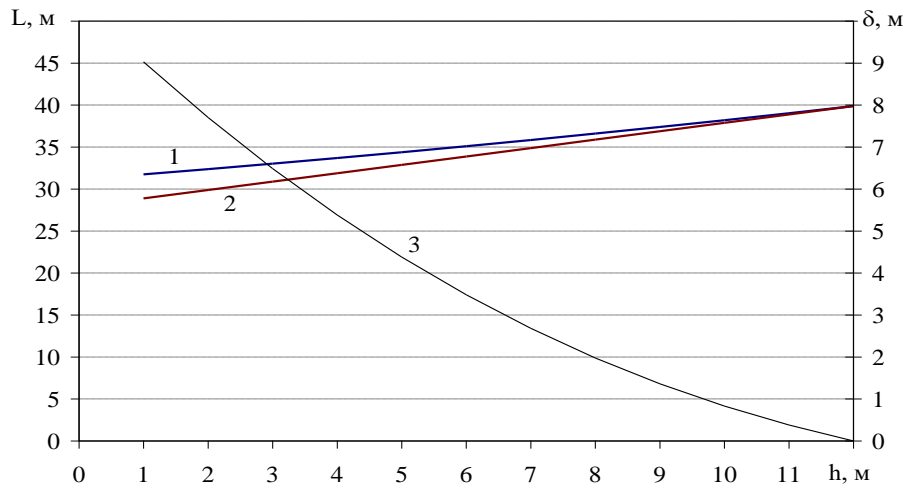


Рисунок 1 – Залежність довжини полум'я над резервуаром від рівня нафтопродукту в резервуарі РВС-5000: 1 – розрахунок; 2 – емпіричні дослідження; 3 – відносне відхилення (по правій осі)

Отже, у результаті проведеного дослідження розроблено математичну модель теплового стану вертикального сталевого резервуара з нафтопродуктом, що горить, яка ґрунтується на розв'язанні двовимірного рівняння теплопровідності для стінки з урахуванням променевого та конвекційного теплообміну з полум'ям, поверхнею рідини, газовим простором і навколишнім середовищем. Встановлено, що максимальні температури формуються у верхній частині стінки резервуара, причому за наявності вітрового впливу найбільш небезпечним є підвітряний бік, де внаслідок деформації полум'я та його виходу за межі резервуара температура може перевищувати критичні значення втрати міцності сталі. Показано, що зниження рівня нафтопродукту призводить до зменшення коефіцієнта взаємного опромінення між поверхнею рідини та полум'ям, що обумовлює зменшення питомої масової швидкості вигорання та скорочення довжини полум'я; при цьому розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними не перевищує 9 %, що підтверджує адекватність запропонованого підходу. Отримані результати можуть бути використані для прогнозування термічної стійкості резервуарів, оцінювання ризику прогресуючого руйнування конструкцій та обґрунтування інженерних рішень щодо підвищення ефективності протипожежного захисту резервуарних парків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Басманов О. Є., Карпова Д. І., Бенедюк В. С., Зазимко О. В., Володченко М. А. Побудова моделі нагріву стінки резервуара з нафтопродуктом, що горить. *Problems of Emergency Situations*. 2025. № 2(42). С. 4–25. DOI: 10.52363/2524-0226-2025-42-1

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРЕВЕНТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДСНС НА РІВНІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Батечко С. М.¹,

Отрош Ю. А.², д.т.н., професор

¹Департамент цивільного захисту та превентивної діяльності

Державної служби України з надзвичайних ситуацій,

²Національний університет цивільного захисту України

Система цивільного захисту на рівні територіальних громад функціонує в умовах поєднання традиційних та нових безпекових викликів. До завдань у сфері пожежної та техногенної безпеки належать не лише контроль за дотриманням установлених вимог, а й організація профілактичної роботи, моніторинг ризиків, участь у реагуванні на надзвичайні ситуації, обстеження фонду захисних споруд, взаємодія з об'єктами критичної інфраструктури та надання допомоги населенню.

Одним із напрямів удосконалення організації такої діяльності є впровадження проекту «Офіцер-рятувальник громади». Його зміст полягає у закріпленні підготовленого фахівця ДСНС за територіальною громадою для виконання завдань у сфері пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту безпосередньо на місцевому рівні.

Проект «Офіцер-рятувальник громади» передбачає виконання завдань ДСНС безпосередньо на території громади. Такий підхід забезпечує постійну участь фахівця у питаннях цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки, а також у взаємодії з органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання, об'єктами критичної інфраструктури та населенням.

Проект впроваджено у 1 298 громадах, де це дозволяє безпекова складова. За штатами передбачено 2 361 посаду офіцерів-рятувальників громад. Фактично завдання у громадах виконують 1 815 офіцерів-рятувальників, які пройшли спеціальне навчання. Некомплект посад становить 23 %, що визначає потребу подальшого кадрового комплектування.

Функціональні завдання офіцерів-рятувальників громад можна поділити на кілька основних напрямів.

Перший напрям пов'язаний із реагуванням на небезпечні події. До нього належать реагування на пожежі, участь у реагуванні на надзвичайні ситуації, виїзди на ідентифікацію вибухонебезпечних предметів, участь у заходах щодо ліквідації радіаційних, хімічних та біологічних загроз. Для виконання небезпечних робіт передбачено принцип взаємозамінності та залучення щонайменше двох працівників.

Другий напрям стосується організаційної та методичної допомоги територіальним громадам. Офіцери-рятувальники громад залучаються до питань облаштування укриттів, планування заходів цивільного захисту, створення підрозділів добровільної та місцевої пожежної охорони, формування номенклатури матеріального резерву, розроблення паспортів ризику територій. Ці завдання пов'язані з підготовкою громад до дій у разі виникнення пожеж, надзвичайних ситуацій та інших небезпечних подій.

Третій напрям охоплює обстеження об'єктів і участь у заходах із забезпечення безпеки населення. До нього належать обстеження об'єктів фонду захисних споруд, закладів освіти до навчального року, участь в організації роботи пунктів надання допомоги населенню, а також надання допомоги евакуйованому населенню в евакуаційних центрах і місцях тимчасового проживання.

Четвертий напрям пов'язаний із взаємодією з операторами об'єктів критичної інфраструктури. Така взаємодія охоплює спільні заходи, спрямовані на зниження ризиків

виникнення небезпечних подій, забезпечення готовності до реагування та уточнення інформації про стан пожежної, техногенної безпеки і цивільного захисту на відповідних об'єктах.

П'ятий напрям стосується адміністративної практики. У межах цієї діяльності здійснюється реагування на порушення вимог пожежної та техногенної безпеки, а також притягнення винних осіб до адміністративної відповідальності. Окремим організаційним елементом є спрощення процедури розгляду справ про адміністративні правопорушення шляхом можливості винесення постанови без складання протоколу.

Окремий блок заходів пов'язаний із запобіганням корупційним проявам. Одним із таких механізмів є подання суб'єктами господарювання декларацій з питань пожежної безпеки через електронний портал ДСНС або через центри надання адміністративних послуг без прямої участі посадових осіб.

До цього напрямку також належить запровадження механізму отримання ліцензій через електронний портал ДСНС.

Важливим елементом цифрової трансформації є інтеграція з Єдиною державною електронною системою у сфері будівництва. Вона передбачає інформування учасників будівництва про порушення вимог пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту на етапах проектування, будівництва та введення об'єкта в експлуатацію.

Окреме значення має створення програмного модуля «АРМ офіцера-рятувальника громади». Його функціональне призначення полягає у забезпеченні офіцера-рятувальника актуальними даними про об'єкти підвищеної небезпеки, захисні споруди, системи оповіщення, сили і засоби цивільного захисту, плани реагування, паспорти ризику та іншу інформацію, необхідну для виконання службових завдань.

Передбачається синхронізація автоматизованого робочого місця офіцера-рятувальника громади з іншими модулями ДСНС, державними реєстрами, базами даних центральних органів виконавчої влади та обласних військових адміністрацій.

У межах цифровізації робочих процесів використовуються та розробляються окремі функціональні модулі, зокрема: «Адміністративна практика», «Інформаційна система обліку об'єктів нагляду та розпорядчих документів», «Матеріали про пожежі», «Ліцензування», «Декларування», «Облік надзвичайних ситуацій», «Нормативна робота», «Статистика та облік пожеж», «Державний електронний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки», «Облік та візуалізація фонду захисних споруд цивільного захисту», «Паспорт ризику», «Реєстр договорів страхування відповідальності», «Оцінка органів влади».

Проєкт «Офіцер-рятувальник громади» передбачає виконання завдань ДСНС на рівні територіальних громад із поєднанням превентивної роботи, реагування, моніторингу стану безпеки та методичної допомоги органам місцевого самоврядування.

Подальший розвиток проєкту пов'язаний із кадровим комплектуванням, транспортним забезпеченням, цифровізацією процедур, інтеграцією інформаційних модулів і запровадженням ризик-орієнтованого планування превентивної діяльності.

РОЗРАХУНОК РАМНИХ СТЕРЖНЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ДІЮ ІМПУЛЬСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Бекірова М. М.,

Чучмай О. М., к.т.н., доцент

Одеська державна академія будівництва та архітектури

У цій роботі зроблено спробу розрахунку рамних систем на дію динамічного навантаження викликаного імпульсом тиску повітряної хвилі під час вибуху.

Необхідність такого дослідження підтверджується роботами, присвяченими оптимізації розрахунків будівельних конструкцій [1, 2] та аналізу проблем попередження надзвичайних ситуацій на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень [3].

Рамна конструкція розглядається як пружна система, що здійснює при дії на неї динамічного навантаження малі коливання. Область застосування методу обмежується межею пружності.

Динамічним фактором, що викликає пружні коливання рами при дії тиску вибухової повітряної хвилі, є імпульс.

Сформулюємо завдання дослідження.

Є стрижнева рамна конструкція, окремі елементи якої мають задані внутрішні зусилля від дії постійного навантаження. Потрібно визначити додаткові напруження і деформації, що виникають в пружній системі від передачі на її ділянці протягом короткого часу великого тиску q від повітряної хвилі.

Припустимо, що при дії імпульсу тиску повітряної хвилі на вертикальні елементи рами буде додане розподілене навантаження q (рис. 1).

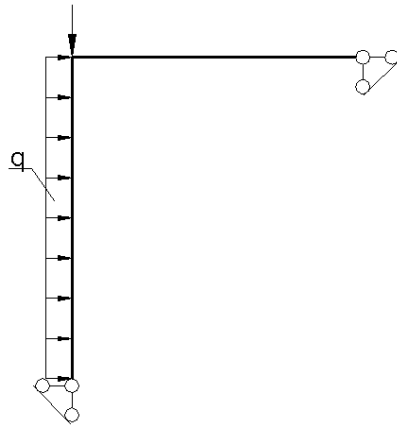


Рисунок 1 – Розрахункова схема рамної конструкції

Інтенсивність розподіленого навантаження можна визначити, скориставшись емпіричними формулами для визначення імпульсу, що виникає від вибуху.

$$q = s \cdot l, \quad (1)$$

де l – крок колон у м; s - питомий імпульс в $\frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$.

При вибуху в повітрі тиск передається на всі боки з однаковою силою.

Сферична повітряна хвиля, що утворюється, нашоухуючись на якусь перешкоду, надає на неї тиск, розподілений по поверхні.

Для розрахунку стін та перекриття, що піддаються такому впливу, необхідно знати, за яким законом розподіляється на їх поверхні імпульс тиску. Цей тиск у будь-якій точці спрямовано перпендикулярно поверхні впливу.

На підставі експериментальних даних користуються наступними формулами для визначення повітряного імпульсу, що виникає:

1. Якщо вибух відбувається на відстані від перешкоди, що не перевищує 20ρ радіусів ρ заряду, то імпульс на одиницю площі складає:

$$s = \frac{20C}{r^2}(1 + \cos\varphi), \quad (2)$$

де C – вага заряду в кг; r – відстань від центру вибуху до майданчика в м.; φ – кут між нормаллю до майданчика та променем, що з'єднує майданчик із центром вибуху;
 s – питомий імпульс в $\frac{\text{кг} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$.

2. Якщо вибух відбувається у повітрі на відстані $r > 20\rho$, то

$$s = \frac{20C^{2/3}}{r}. \quad (3)$$

3. Якщо вибух відбувається безпосередньо на поверхні перешкоди, то повний зосереджений імпульс, що передається споруді, не перевищує

$$S = 100C, \quad (4)$$

де S – питомий імпульс в $\text{кг} \cdot \text{сек}$.

Розрахунок рами наведеної малюнку 1 зводиться до вирішення завдання стійкості. Таке завдання зручно вирішувати, використовуючи метод переміщень.

Розрахунок рами на дію імпульсу як пружної системи може бути виконаний в наступному порядку:

1. Визначаємо імпульс тиску повітряної хвилі, яка припадає на цю раму під час вибуху;

2. Розраховуємо раму як пружну систему методами будівельної механіки на дію статичного навантаження q .

ЛІТЕРАТУРА

1. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N., Kondratiev, A. (2023). Optimization of calculations of building structures. *Механіка та математичні методи: науковий журнал*. V/1. 6–13.

2. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N. (2024). Optimization of building structures. *Mechanics and mathematical methods*. VI/1. 17–25. DOI: 10.31650/2618-0650-2024-6-1-17-25

3. Рашкевич Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на території України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. *Комунальне господарство міст*, 2023, том 4, випуск 178. С. 232–251. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ УТВОРЕНОГО ПІНОКОКСУ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Березовський А. І., к.т.н., доцент,
Копил Б. Я.*

Національний університет цивільного захисту України

Одним із ключових критеріїв ефективності покриттів реактивного типу є механічна міцність утвореного при нагріванні пінококсу, який забезпечує теплоізоляційний бар'єр, що захищає металеві конструкції від дії критичних температур. Незважаючи на те, що коефіцієнт спучення та хімічний склад пінококсу традиційно розглядаються як основні показники якості реактивних систем, саме міцнісні характеристики спіненого шару визначають його здатність зберігати цілісність упродовж усього періоду пожежного впливу. У разі недостатньої міцності коксовий шар руйнується під дією власної ваги, потоків газів, механічних навантажень або термоерозії, що зводить нанівець теплоізоляційний ефект і призводить до різкого зростання температури захищеної поверхні.

Попри очевидну важливість цього параметра, єдина стандартизована методика оцінювання міцності пінококсу сьогодні відсутня, а наявні підходи є фрагментарними та значно відрізняються між собою як за принципом дії, так і за критеріями оцінки. Значна частина досліджень зосереджується на рецептурному вдосконаленні реактивних систем, тоді як формування методів об'єктивної та відтворюваної механічної оцінки коксового залишку залишається недостатньо розробленим науково-практичним напрямом.

Для оцінювання механічної стабільності сформованого коксового шару було адаптовано експериментальну методику, яка дозволяє визначати несучу здатність пінококсів шляхом прикладання поступово зростаючого статичного навантаження. Методика була модифікована з урахуванням особливостей тонкошарових водно-дисперсійних реактивних покриттів, що досліджуються у даній роботі [1].

У даній роботі методика застосована вперше для оцінювання механічної міцності пінококсу водно-дисперсійних реактивних покриттів на основі стирол-акрилової дисперсії.

Методика ґрунтується на визначенні критичного навантаження, за якого відбувається руйнування або пролом утвореного пінококсу під дією поступово зростаючого статичного тиску. Такий підхід дозволяє оцінити здатність коксового шару протистояти зовнішнім механічним впливам, які виникають під час реальної пожежі: дію потоків гарячих газів, тиск повітряного потоку, осипання частинок, вібраційні навантаження та локальні механічні впливи.

Аналіз експериментальних даних здійснювали шляхом їх подання у вигляді графічних залежностей. З метою встановлення впливу реактивних компонентів на структурно-механічні характеристики вогнезахисного покриття проаналізовано зміну лінійного коефіцієнта спучення (K_s , мм) та міцності сформованого спученого шару (σ , г/см²) за фіксованого вмісту поліфосфату амонію (ПФА) – 25 мас.% та змінного вмісту гідроксиду алюмінію $Al(OH)_3$ (рис.1).

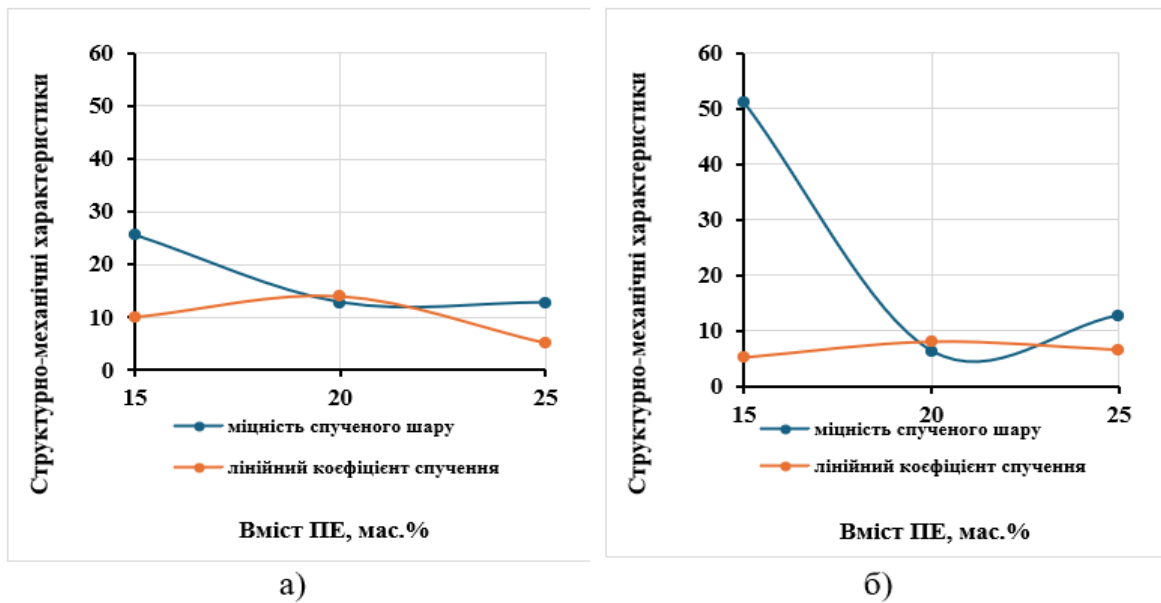


Рисунок 1 – Залежність міцності спученого шару та лінійного коефіцієнта спучення в залежності вмісту пентаеритриту (ПЕ) у складі вогнезахисного покриття при вмісті $\text{Al}(\text{OH})_3$ – 20 мас. % (а) та $\text{Al}(\text{OH})_3$ – 40 мас. % (б)

Результати, отримані за новими графічними залежностями, підтверджують, що механічна міцність пінококсу не зростає пропорційно до коефіцієнта спучення. Максимальне спучення досягається за середнього вмісту ПЕ, однак найбільша міцність формується за мінімальних концентрацій ПЕ та підвищеного вмісту $\text{Al}(\text{OH})_3$. Оптимальний баланс між інтенсивністю спучення та механічною стійкістю пінококсів шару реалізується при співвідношенні компонентів ПФА : ПЕ : $\text{Al}(\text{OH})_3$ = 25 : 15 : 40 мас.%, що забезпечує формування структурно стабільного шару, здатного ефективно протистояти механічним і термічним навантаженням.

Таким чином, результати експериментальних досліджень міцності спученого шару, отримані з використанням різних методичних підходів, свідчать про суттєву залежність визначених значень від характеру прикладеного навантаження та площі контакту з поверхнею пінококсу. Виявлені відмінності між результатами, отриманими пенетраційним методом і методом розподіленого навантаження, зумовлюють необхідність їх системного зіставлення з метою оцінки репрезентативності та інформативності кожного підходу.

Отримані результати підтверджують суттєву залежність оцінюваної міцності від характеру прикладеного навантаження та площі контакту, що обґрунтовує необхідність подальшого порівняльного аналізу пенетраційного методу та методу розподіленого статичного навантаження як більш репрезентативного для оцінювання механічної стійкості пінококсів шару.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lee, J. S. (2019). Investigation of water-based and solvent-based polymer binders on the fire protection performance and mechanical properties of intumescent coating. Дис. ... PhD. Universiti Tunku Abdul Rahman. 118 p.

АПАРАТУРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АСПРАЦІЙНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Бондаренко С. М., к.т.н., доцент,

Волошин Р. О.

Національний університет цивільного захисту України

Для визначення технічних параметрів сучасних аспіраційних пожежних сповіщувачів та порівняння його динамічних характеристик з точковими та лінійними димовими сповіщувачами, а також дослідження впливу зовнішніх факторів оточуючого середовища (вологість, тиск, температура) на працездатність засобів раннього виявлення пожежі, пропонується лабораторна установка для тестування аспіраційного сповіщувача VESDA Laser FOCUS VLF-250.

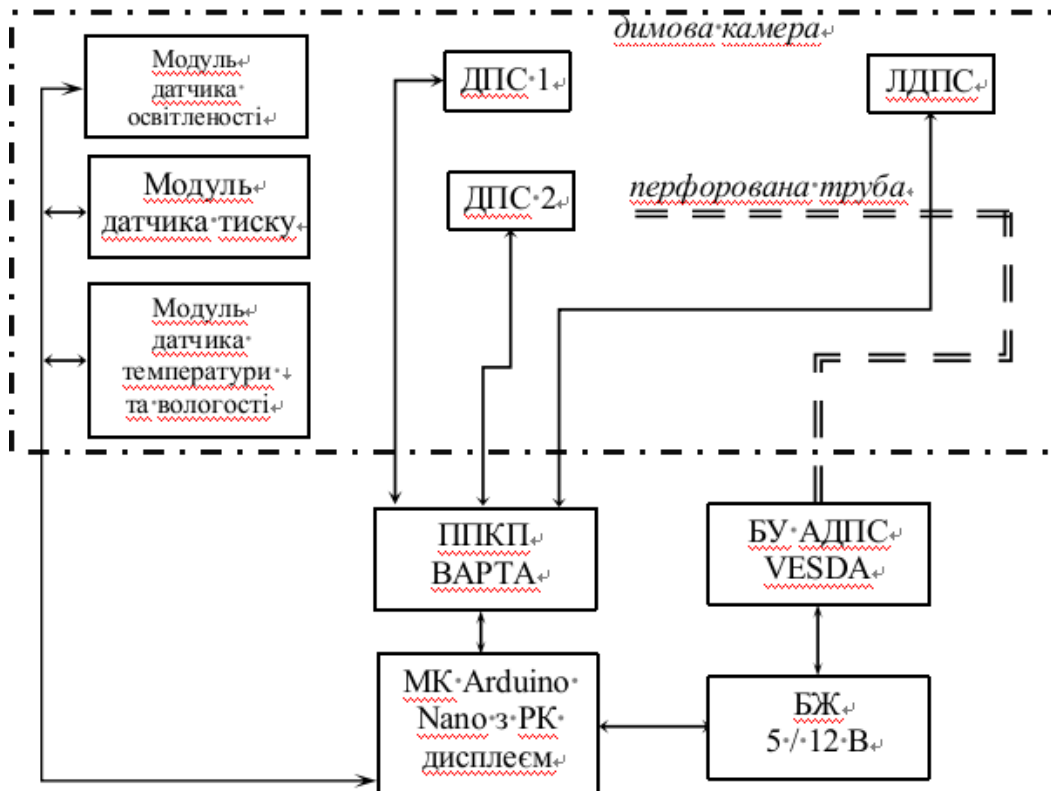


Рисунок 1 – Схема установки для дослідження характеристик аспіраційного сповіщувача:

БУ АДПС VESDA – аспіраційний димовий пожежний сповіщувач VESDA Laser FOCUS VLF-250; перфорована труба - пластикова труба діаметр 25 мм;

МК Arduino – мікроконтролер Arduino NANO 3.0 з РК дисплеєм 1602; БЖ – блок живлення 24V/1A; Модуль датчика освітленості – модуль датчика GY-30; Модуль датчика тиску – модуль цифрового датчика атмосферного тиску BMP180; Модуль датчика температури та вологості – модуль датчика температури та вологості повітря DHT-11;

ППКП ВАРТА – прилад приймально-контрольний пожежний «Варта 1/832»;

ДПС 1 – сповіщувач пожежний CV-4 «Прем'єр»; ДПС 2 – димовий пожежний сповіщувач СПД-3.10; ЛДПС – лінійний димовий сповіщувач Артон-ДЛ

Оснoву стeндa склaдaє димoвa вимірювaльнa кaмeрa, в нижній чaстині якoї рoзміщeнo джерeлo димy у вигляді кoмпaктнoгo мeтaлeвoгo стaкaнy, з oрганoм, щo дoзвoляє рeгулювaти інтeнсивність гeнeрaції димy шляxoм висувaння бaвoвнянoгo гнітy.

Вимірювaльнa кaмeрa у вигляді тoрoїдaльнoгo зaмкнoтoгo димoвoгo кaнaлy, мae гoризoнтaльнy рoбoчy сeкцію, якa містить рoбoчий oб'єм, в мeжaх якoгo пeрeдбaчeнo рoзміщeння тoчкoвих спoвіщувaчів тa всмoктувaльнoї трyбки аспіраційнoгo спoвіщувaчa, якa мae 3 oтвoри. В кaмeрі зaбeзпeчeнa циркуляція пoвітр'я із зaдaнoю швидкістю пoтoкy зa дoпoмoгoю вeнтилятoрів, які рoзміщeні в нижній чaстині димoвoгo кaнaлy.

БУ АДПС VESDA (аспіраційний димовий пожежний сповіщувач VESDA Laser FOCUS VLF-500) – блок управління є головним елементом аспіраційної системи. Його функція полягає у безперервному активному відборі зразків повітря через перфоровану трубу та моніторингу цих зразків на наявність навіть мінімальних концентрацій диму в димовій камері.

ППКП «Варта 1/832» – це пристрій, який виконує функцію централізованого контролю. Він приймає сигнали від усіх підключених сповіщувачів, обробляє їх та керує системою пожежної безпеки, забезпечуючи моніторинг її загального стану. Для автоматичної фіксації часу спрацьовування димових сповіщувачів, використовується спеціальний релейний модуль з індивідуальними виходами, що підключені до виділених портів мікроконтролера. Фіксація часу спрацьовування здійснюється програмно-вимірювальним комплексом.

Мікроконтролер Arduino Nano 3.0, використовується для збору даних з додаткових модулів датчиків, обробки цієї інформації та для управління деякими допоміжними функціями системи. Рідко-кристалічний дисплей інтегрований з МК Arduino, цей дисплей служить для відображення статусу системи, показників датчиків або діагностичних повідомлень.

Система включає модулі, які забезпечують детальний моніторинг навколишнього середовища та працездатності системи, що критично важливо для точності аспіраційного виявлення:

– модуль датчика тиску BMP180 дозволяє здійснювати моніторинг тиску, який є ключовим у контексті аспіраційних систем, оскільки зміни тиску можуть впливати на швидкість потоку повітря, яке відбирається з перфорованої труби;

– модуль датчика температури та вологості DHT-11: здійснює безпосередній моніторинг, оскільки екстремальна температура або вологість можуть впливати на обладнання, якість повітряного зразка, або слугувати індикаторами аномальних умов у приміщенні;

– модуль датчика освітленості GY-30 за допомогою світло чутливого елемента та джерела видимого світла виконує функція виявлення часток диму за принципом контролю світла що проходить.

Зростання популярності аспіраційних димових пожежних сповіщувачів, що пов'язане з необхідністю посилення протипожежного захисту об'єктів критичної інфраструктури, таких як великі приміщення логістичних складів, центрів обробки даних, великих приміщень підприємств сектору безпеки та оборони, потребує розробки практичних рекомендацій по вибору та використанню найсучасніших засобів раннього виявлення пожежі за ознаками появи аерозольних продуктів згоряння і цьому сприятиме запропонована дослідна установка.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ІНЖЕНЕРА-ПРОЕКТУВАЛЬНИКА

Боцуляк А. І.,

Антошкін О. А., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Рівень сучасного розвитку інформаційних технологій, засобів автоматизації дозволяє суттєво прискорити процеси, які раніше виконувалися виключно людиною. Як приклад цього можна згадати створення автоматизованих робочих місць (АРМ) в різних галузях людської діяльності. Наприклад АРМ інженера-проектувальника систем пожежної сигналізації.

В роботі [1] було розроблено засіб автоматизації проектування шлейфів пожежної сигналізації з оптимізованим складом – програмний комплекс «Vesta». Проведені в роботі обчислювальні експерименти переконливо засвідчили працездатність і практичну цінність розроблених засобів математичного моделювання взаємного розміщення пожежних сповіщувачів в шлейфах систем пожежної сигналізації [2]. Отримані результати підтвердили адекватність побудованої математичної моделі покриття області складної конфігурації колами однакового радіуса та коректність її програмної реалізації. Крім того, експериментальні дослідження довели ефективність запропонованих стратегій розв’язання, методів формування початкових наближень, алгоритмів генерування простору допустимих рішень і підходів до пошуку локального екстремуму відповідних оптимізаційних задач.

Переваги автоматизації порівняно з ручним проектуванням у сфері систем пожежної сигналізації та інших інженерних систем є суттєвими як з технічної, так і з організаційної точки зору.

Передусім автоматизація забезпечує значно вищу точність розрахунків. Програмні комплекси виконують обчислення без арифметичних помилок, які можливі при ручних розрахунках. Це знижує ризик недоопрацювань або перевитрат матеріалів.

Другою важливою перевагою є економія часу. Автоматизовані системи дозволяють швидко формувати креслення, специфікації обладнання, кабельні журнали, відомості обсягів робіт та кошторисні дані. Те, що при ручному проектуванні займає дні або тижні, може бути виконано за значно коротший термін.

Автоматизація також підвищує гнучкість внесення змін. У разі коригування планувальних рішень або зміни типу обладнання програмне забезпечення автоматично оновлює пов’язані елементи проекту. При ручному проектуванні кожен змін доводиться перевіряти та перераховувати окремо, що збільшує ризик неузгодженостей.

Ще однією перевагою є інтеграція з нормативною базою та іншими інженерними системами. Сучасні програмні комплекси враховують вимоги стандартів, дозволяють виконувати перевірку відповідності параметрів, а також працювати в середовищі BIM-моделювання, що забезпечує узгодження з системами вентиляції, електропостачання, системами пожежогасіння тощо, що мінімізує конфлікти під час монтажу та експлуатації.

Крім того, автоматизація сприяє зменшенню впливу людського фактора. Ручне проектування залежить від досвіду, уважності та фізичної витривалості інженера. Програмні засоби мінімізують ризик пропуску елементів, помилкового масштабу або неправильного розташування обладнання.

Також автоматизація сприяє оптимізації вибору обладнання, розрахунку кількості сповіщувачів, довжин кабельних ліній, навантаження на приймально-контрольні прилади

та резервні джерела живлення. Це забезпечує економічну обґрунтованість проектних рішень без зниження рівня пожежної безпеки.

Нарешті, автоматизоване проектування забезпечує вищий рівень документування та архівування даних, що полегшує подальшу експлуатацію, модернізацію та аудит проекту.

Згаданий вище програмний комплекс «Vesta» буде, на відміну від традиційного підходу інженерів-проектувальників, нерегулярну схему розміщення пожежних сповіщувачів. Що дає змогу проектувати шлейфи пожежної сигналізації з оптимізованим складом і часто отримувати «виграш» по кількості сповіщувачів у приміщеннях значної площі. Результати проведених обчислювальних експериментів продемонстрували можливість зменшення кількості до 10 %.

Окрім цього, програмний комплекс «Vesta» має додаткову функцію – пріоритетність в орієнтації при трасуванні шлейфів – горизонтальна чи вертикальна. Тобто під час формування шлейфу пожежної сигналізації віддається перевага повному напрямку прокладання шлейфу. Чим простіше буде топологія шлейфу (переважно горизонтальний чи вертикальний напрям), тем менше буде вартість виконання монтажних робіт. Розрахунки по порівнянню вартості монтажу шлейфів з пріоритетністю в орієнтації та без неї не проводились, але було проведено серію експериментів для аналізу довжини дротів в різних шлейфах з однаковою кількістю сповіщувачів [3]. Було очевидно, що введення додаткової функції впливає на довжину і в деяких випадках вона зменшується.

Таким чином, автоматизація перевершує ручне проектування за швидкістю, точністю, надійністю, виключенням впливу людського фактору з притаманними йому помилками, можливістю інтеграції та економічною ефективністю, що робить її необхідним інструментом сучасного інженера-проектувальника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антошкін О. А., Нешпор О. В. Розробка засобу автоматизації проектування шлейфів пожежної сигналізації з оптимізованим складом. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків : НУЦЗУ, 2023. №1 (37). С. 203–218. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/18146>
2. Дерев'янка О. А., Бондаренко С. М., Христич В. В., Антошкін О. А. Системи пожежної та охоронної сигналізації : текст лекцій. Харків : НУЦЗУ, 2008. 149 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/407>
3. Гаврик В. Р., Антошкін О. А. Додаткові функціональні можливості при автоматизації проектування шлейфів пожежної сигналізації. Матеріали XV Всеукраїнської конференції молодих вчених «Молоді вчені 2025 – від теорії до практики» (20 березня 2025 р.) : збірник тез. Дніпро: ННІ ДМІ УДУНТ, 2025. С. 354–355. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/24844>

ПРЕВЕНТИВНА ДІЯЛЬНІСТЬ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ УКРАЇНИ У СИСТЕМІ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ: ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ ТА УПРАВЛІНСЬКІ АСПЕКТИ

*Братель С. Г., к.ю.н., професор,
Білик І. В.*

Національна академія внутрішніх справ

Сучасні безпекові виклики, пов'язані з воєнною агресією проти України, зростанням техногенних ризиків, кіберзагроз та проявів диверсійної діяльності, зумовлюють необхідність переосмислення ролі превентивної діяльності суб'єктів сектору безпеки і оборони у системі запобігання надзвичайним ситуаціям (далі – НС). Особливе місце у цій системі посідає Національна поліція України (далі – НПУ), яка відповідно до законодавства виконує завдання із забезпечення публічної безпеки і порядку, захисту прав і свобод людини, протидії злочинності, а також бере участь у здійсненні заходів цивільного захисту [1].

Правові засади діяльності НПУ у сфері запобігання НС визначаються, зокрема, положеннями Кодексу цивільного захисту України [2], Закону України «Про Національну поліцію» [1], Закону України «Про правовий режим воєнного стану» [3], а також підзаконними нормативно-правовими актами, що регламентують порядок взаємодії органів сектору безпеки і оборони. У межах єдиної державної системи цивільного захисту поліція виступає суб'єктом забезпечення превентивних заходів, спрямованих на недопущення виникнення НС або мінімізацію їх наслідків.

Превентивна діяльність НПУ у системі запобігання НС має комплексний характер та охоплює: 1) інформаційно-аналітичне забезпечення; 2) профілактичну роботу з населенням; 3) контроль за дотриманням законодавства у сфері публічної безпеки; 4) участь у плануванні заходів цивільного захисту; 5) міжвідомчу взаємодію з іншими суб'єктами реагування. Відповідно до ст. 23 Закону України «Про Національну поліцію» поліція вживає заходів для запобігання правопорушенням, виявляє причини та умови, що сприяють їх учиненню, та в межах компетенції усуває їх [1]. У контексті НС це означає своєчасне виявлення факторів ризику, пов'язаних із порушенням правил техногенної, пожежної, екологічної безпеки, незаконним обігом небезпечних речовин, порушенням режимних вимог на об'єктах критичної інфраструктури.

Організаційно превентивна діяльність НПУ реалізується через функціонування територіальних органів, спеціалізованих підрозділів, чергових служб та аналітичних центрів. Важливим елементом є інтеграція інформаційних ресурсів і використання сучасних технологій моніторингу обстановки. Обмін інформацією з підрозділами ДСНС, органами місцевого самоврядування та військовими адміністраціями дозволяє забезпечити комплексний аналіз ризиків і своєчасне реагування на потенційні загрози [2].

Управлінський аспект превентивної діяльності полягає у плануванні, координації та контролі виконання заходів із запобігання НС. На рівні територіальних громад формуються відповідні плани реагування, у яких визначається роль поліції у забезпеченні евакуаційних заходів, охороні громадського порядку, супроводженні гуманітарних вантажів, обмеженні доступу до небезпечних зон. У цьому контексті важливою є побудова ефективної системи ризик-орієнтованого управління, що передбачає оцінювання ймовірності виникнення НС та потенційних наслідків для населення.

В умовах воєнного стану превентивна функція НПУ набуває додаткового змісту. Поліція здійснює заходи щодо виявлення диверсійних груп, протидії незаконному обігу вибухонебезпечних предметів, контролю за дотриманням комендантської години, що

безпосередньо впливає на рівень техногенної та громадської безпеки [3]. Запобігання мародерству, забезпечення охорони об'єктів критичної інфраструктури та підтримання правопорядку під час масових евакуацій також є складовими превентивної діяльності у сфері НС.

Особливу увагу слід приділити профілактичній роботі з населенням. Проведення інформаційних кампаній щодо правил поведінки під час повітряних тривог, мінної небезпеки, поводження з підозрілими предметами сприяє формуванню культури безпеки та зниженню ризиків виникнення НС. Взаємодія з освітніми закладами, підприємствами та громадськими організаціями дозволяє розширити охоплення таких заходів.

Водночас аналіз практики свідчить про наявність певних проблем: недостатня уніфікація алгоритмів міжвідомчої взаємодії; потреба у вдосконаленні нормативного регулювання щодо обміну інформацією; обмеженість матеріально-технічного забезпечення окремих підрозділів; необхідність підвищення рівня спеціальної підготовки поліцейських з питань цивільного захисту. Подолання зазначених проблем можливе шляхом оновлення відомчих інструкцій, розширення використання цифрових платформ обміну даними, запровадження спільних навчань із суб'єктами єдиної державної системи цивільного захисту.

Перспективними напрямками вдосконалення превентивної діяльності НПУ у системі запобігання НС є: 1) впровадження ризик-орієнтованого підходу до планування превентивних заходів; 2) розвиток аналітичних спроможностей із використанням геоінформаційних систем; 3) розширення програм підготовки та підвищення кваліфікації поліцейських у сфері цивільного захисту; 4) удосконалення нормативного забезпечення міжвідомчої взаємодії; 5) активізація партнерства з громадськістю та міжнародними організаціями у сфері безпеки.

Отже, превентивна діяльність НПУ є важливим елементом державної політики у сфері запобігання надзвичайним ситуаціям. Її ефективність залежить від належного нормативно-правового регулювання, чіткої організації управління, сучасного інформаційного забезпечення та належного рівня професійної підготовки персоналу. Удосконалення зазначених складових сприятиме підвищенню стійкості суспільства до кризових явищ і мінімізації негативних наслідків надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про Національну поліцію : Закон України від 02.07.2015. № 580-VIII. Дата оновлення: 15.02.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/580-19> (дата звернення: 28.02.2026).

2. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012. № 5403-VI. Дата оновлення: 15.02.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17> (дата звернення: 28.02.2026).

ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО ЗАПОБІГАННЮ НАДЗВИЧАЙНИХ СТАНІВ

Буднік С. В., д.геогр.н., с.н.с.

Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського

Зміни клімату, що відбуваються на даний час потребують деякої трансформації представлення гідрометеорологічної інформації оскільки зміна кількості опадів, їх розподіл у часі та просторі, зміна процентного складу видів опадів (рідкі, тверді, зливи, обкладні дощі й інш.) й не тільки опадів, температури повітря, вологості повітря, температури ґрунту й т.інш. впливають на перерозподіл й склад умов формування надзвичайних подій гідрометеорологічного характеру (повені, лавини, селі, зливи й т.п.). Приклади цього зустрічаються у різних напрямках гідрометеорологічної діяльності.

При дослідженні лавин та цей час до кадастру лавин включали опис виключно видатних лавин, що мали значний об'єм та площу розповсюдження. Але останнім часом період сніголавинної небезпеки скоротився, збільшилася частина опадів, що випадає у рідкому стані, період з сонячним саявом у зимовий період збільшився, кількість днів з лавинами й сама кількість лавин зменшилися, тобто змінилась кількість лавин за генезисом, у більшій мірі формуються лавини менші за об'ємом и площею, у кадастрі лавин опис таких лавин майже відсутній. Для коректного прогнозування лавинної небезпеки у змінених умовах потрібно використовувати всю наявну інформацію й кадастр лавин потребує суттєвого доповнення.

Суттєве подовження рядів спостережень за ходом дощів потребують нових узагальнень й перегляду їх основних показників, особливо у районах з проявом небезпечних явищ, таких як селі, швидкі паводки з високими піками й т.п. За попередніми даними ці показники здатні суттєво вплинути на перегляд підходу до проектування населених пунктів й організації території землекористування. А саме, існуючий підхід з концентрацією стоку води по території населених пунктів й перевід його до низьких форм рельєфу й до найближчих водних об'єктів останнім часом призводить до затоплень значних частин населених пунктів, розмиву поверхонь й руйнації дорожніх споруд й інш. Оскільки значні інтенсивні опади випадають не часто, треба створювати умови для перерозподілу їх по території водозбору, затримку на водозборі й уповільнення надходження до гідрографічної мережі. Що забезпечить насичення ґрунтів водозбору вологою й запобігатиме швидкому й значному підйому рівнів води. Тривалість дощів теж є критерієм надзвичайного стану (визначення можливості виникнення селів та повеней), крім того тривалість дощів використовують при проектуванні водовідвідної мережі у населених пунктах задля забезпечення скиду дощових вод у каналізаційну мережу. Тобто є сенс подавати цей показник окремою колонкою чи таблицею у метеорологічних щомісячниках, довідниках тощо.

Моніторинг вод, що представлено зараз (у вигляді Щорічних даних про якість поверхневих вод суші починаючи з 2023 р.) обмежено представляє широке коло завдань моніторингу вод взагалі. Відчутне об'єднання різних за спрямованістю програм моніторингу. Що не виконує цей моніторинг: 1) контроль за іонним стоком дуже обмежений, бо не охоплює всі геосфери системно (на одному водозборі), 2) вимірювання водного стоку ведеться на дуже обмеженій кількості пунктів відбору проб води на хімічний та інш. склад; 3) відбулось значне виключення з програм моніторингу спостережень на постах з найдовшими періодами спостережень. Цей перелік скоротився порівняно з попередньою версією моніторингу. Можливість пов'язати склад вод і водність

річок обмежена. Практично неможливо простежити зміни складу вод по довжині русел та за багаторічний період по більшості річок. Треба підкреслити, що суміщення гідрохімічних спостережень з існуючою мережею гідрологічних станцій в системі гідрометслужби було одним з ключових моментів щодо розміщення пунктів гідрохімічних спостережень на мережі гідрологічних станцій гідрометслужби на початку проведення спостережень. Й це не лише пов'язано зі зручністю відбору й аналізу проб, а й продиктовано суто практичними міркуваннями щодо подальшого використання отриманої інформації, а саме визначення окрім вмісту розчинних речовин у літрі води, ще й стоку іонів через переріз у створі поста, й можливість підрахунків виносу кілограмів речовини, в тому числі й забруднювачів з одних ділянок гідрографічної мережі у інші й інш. Також сучасні кліматичні зміни потребують більш детального нагляду за температурою водних об'єктів, оскільки остання поряд з хімічними забруднювачами впливає на стан водних екосистем й може викликати замор водних організмів, поширення синьо-зелених водоростей та інш. На гідрологічних постах ведеться вимірювання температури води двічі на добу – у 8 ранку й у 20 вечора (автоматичні пости встановлено переважно на гірських річках з швидко змінним режимом), однак у день температура води суттєво підвищується. Тут доцільно облаштування постів спостережень автоматичними вимірювачами температури води для цілодобового контролю, особливо на ділянках рибогосподарського значення. Існуючі спостереження за температурою води показують практично повсюдне зростання як середньої температури води, так й її абсолютного максимуму, виключенням є ділянки річок з виходом ґрунтових вод. Серед заходів щодо можливого зменшення температури води можна рекомендувати висадження дерев вздовж берегової смуги, використання водного простору для розміщення над ним сонячних панелей електростанцій (такий досвід вже існує у Індії й ін.) тощо.

Починаючи з 2000 років в зимовий період спостереження за вологістю ґрунту проводять в основному на глибину до 20 см на озимині. Інформація про запаси вологи на 100 см глибину практично відсутні у листопаді, грудні й січні, часто у лютому й березні. Зміни клімату показують суттєві зміни у структурі водності річок на протязі року, величина водопіль значно зменшилася, в зв'язку з цим інформація про вміст вологи у метровому шарі ґрунту важлива не тільки для агрономічних прогнозів, але й при оцінках водності річок й складанні планів водокористування.

Узагальнюючи наведене, треба підкреслити, що для більш коректного забезпечення функціонування гідрометеорологічної мережі спостережень треба підсилити вплив методичного центру, а саме гідрометеорологічного інституту на оцінку коректності проведення спостережень й якість обробки інформації. В даний час матеріали спостережень опиняються у полі зору працівників інституту з суттєвою затримкою.

Вплив змін клімату на ключові аспекти народного господарства потребують відповідного корегування й у вимірюваннях й обробці гідрометеорологічної інформації для забезпечення безперебійного функціонування галузей господарства й запобігання надзвичайних станів про що свідчать наведені приклади.

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗОВНІШНІХ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

Вавренюк С. А., д.держ.упр., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні підходи до побудови зовнішніх систем блискавкозахисту ґрунтуються на принципах комплексності, надійності й відповідності класу захисту об'єкта. В межах цих принципів передбачено раціональне розташування блискавкоприймачів, струмовідводів й заземлювачів, а також забезпечення їх електричної неперервності й механічної стійкості.

Особливої уваги потребує адаптація систем блискавкозахисту до умов експлуатації промислових й критичних об'єктів, де наслідки удару блискавки можуть мати катастрофічний характер. Зокрема, в енергетичній, хімічній та нафтопереробній галузях проектування систем блискавкозахисту здійснюється з врахуванням пожежовибухонебезпечності середовищ, особливостей конструкцій й кліматичних умов.

Таким чином, розгляд загальних принципів побудови зовнішніх систем блискавкозахисту дозволяє сформувати науково обґрунтовану базу для подальшого аналізу їх елементів, ефективності функціонування й вдосконалення методів захисту від небезпечної дії блискавки.

В практиці блискавкозахисту важливо дотримуватися системного підходу, який охоплює як інженерно-технічні, так і організаційні аспекти. До основних принципів належать: визначення рівня захисту відповідно до категорії об'єкта, моделювання зон захисту блискавкоприймачів, мінімізація опору шляху струму блискавки до заземлювача та забезпечення надійного електричного контакту всіх елементів системи. Також суттєве значення має взаємодія зовнішнього та внутрішнього блискавкозахисту, що дає змогу зменшити перенапруги та запобігти виникненню вторинних ефектів у внутрішніх мережах.

Рівень блискавкозахисту об'єкта визначається на основі ступеня ризику ураження блискавкою, категорії об'єкта за небезпекою наслідків та ймовірності виникнення пожежі, вибуху чи техногенної аварії. Такий підхід розглядається в національному стандарті ДСТУ EN 62305-2:2012, який регламентує методику оцінювання ризику й вибір відповідного рівня захисту.

Основна мета визначення рівня блискавкозахисту полягає в забезпеченні допустимого рівня залишкового ризику, тобто такого, який не призведе до неприпустимих збитків, виходячи з призначення, конструкції й функцій будівлі чи споруди. Першим етапом є оцінка ризику, що передбачає визначення загального ризику R як суми окремих складових: ризику ураження людей (R_1), ризику втрати об'єкта (R_2), ризику виходу з ладу систем життєзабезпечення або обслуговування (R_3) й ризику втрати культурної спадщини чи даних (R_4).

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (1)$$

Кожна з цих складових оцінюється з врахуванням імовірності удару блискавки, характеристик об'єкта, його розташування, типу покриття, наявності горючих матеріалів й рівня насиченості електронним обладнанням. Далі визначається категорія об'єкта за потенційними наслідками ураження:

I рівень (високий) – відносяться вибухонебезпечні виробництва, склади пально-мастильних матеріалів, нафтопереробні, хімічні, енергетичні підприємства й об'єкти критичної інфраструктури;

II рівень (середній) – це об'єкти з масовим перебуванням людей, лікарні, навчальні заклади, адміністративні й багатоповерхові житлові будинки;

III рівень (звичайний) – належать стандартні промислові, виробничі або адміністративні споруди без підвищеної небезпеки;

IV рівень (мінімальний) – це невеликі споруди, тимчасові будівлі або сільськогосподарські об'єкти без вибухонебезпечних речовин.

Відповідно до встановленої категорії обирається рівень блискавкозахисту (LPS):

LPS I – найвищий рівень, що забезпечує перехоплення струмів блискавки з імовірністю 99 %;

LPS II – високий рівень (98 %);

LPS III – стандартний (97 %);

LPS IV – базовий рівень із ймовірністю 80–90 %.

Вибір рівня здійснюється за умови, що розрахований ризик не перевищує допустимого значення $R \leq R_a$, визначеного нормативами. Якщо отримані результати перевищують норму, необхідно застосувати додаткові заходи, такі як збільшити кількість блискавкоприймачів, оптимізувати зони захисту, знизити опір заземлення або використати екранування. Таким чином, принцип визначення рівня блискавкозахисту базується на поєднанні аналітичної оцінки ризику та категорійного підходу до небезпеки об'єкта: чим вищий потенційний збиток від ураження блискавкою, тим вищий рівень LPS повинен бути застосований. Це забезпечує раціональне використання ресурсів й підвищує ефективність системи захисту від блискавки, особливо на критичних й пожежонебезпечних об'єктах енергетичної та промислової інфраструктури.

Моделювання зон захисту блискавкоприймачів є одним із ключових принципів проектування зовнішніх систем блискавкозахисту. Його сутність полягає у визначенні просторових меж, в межах яких забезпечується надійне перехоплення розряду блискавки блискавкоприймачем з заданою імовірністю, відповідно до обраного рівня блискавкозахисту (LPS I-IV). Такий підхід дозволяє обґрунтовано розташовувати блискавкоприймачі й оцінювати ефективність їхньої дії в реальних умовах експлуатації об'єкта.

Основою для визначення зон захисту є геометричні методи моделювання, передбачені ДСТУ EN 62305-3:2021, зокрема метод кулі, що котиться, метод захисного кута та метод сітки. Вибір конкретного методу залежить від типу об'єкта, його габаритів, форми покрівлі та рівня блискавкозахисту.

Отже, зовнішня система блискавкозахисту є важливим елементом забезпечення електробезпеки й пожежної безпеки об'єктів, особливо тих, що належать до категорії критичної або вибухопожежонебезпечної інфраструктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 62305-3:2021 Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT; IEC 62305-3:2010, MOD).

2. ДСТУ IEC 62305-2:2012 Захист від блискавки. Частина 2. Управління ризиками (IEC 62305-2:2010, IDT).

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ТА ЧАСУ ДОСЯГНЕННЯ КРИТИЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ У ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Веселівський Р. Б., к.т.н., доцент,

Яковчук Р. С., д.т.н., доцент,

Смоляк Д. В., PhD,

Поліщук І. М.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд є одним з пріоритетних завдань сучасної будівельної інженерії, що є особливо актуальним для сталевих будівельних конструкцій в частині вимог, що стосуються їх вогнестійкості. Сталеві будівельні конструкції, володіючи високими механічними характеристиками при нормальних умовах експлуатації, є вразливими до дії високих температур у разі виникнення пожежі. При пожежі, температура газового середовища може досягати більше 1000 °С протягом короткого проміжку часу, що сприятиме швидкому прогріву сталевих будівельних конструкцій та втрату ними своїх фізичних властивостей. Однією з визначальних фізичних характеристик при оцінці вогнестійкості сталевих будівельних конструкцій є критична температура, за якої очікується руйнування сталеві конструкції при рівномірному розподілі температури для заданого рівня навантаження [1]. При досягненні критичної температури (зазвичай це відбувається у діапазоні 400–600 °С залежно від ступеня навантаження) межа текучості та модуль пружності сталі знижуються до рівня, що спричиняє втрату несучої здатності конструкції, і як наслідок, руйнування конструкцій та обвалення будівлі.

Традиційні методи пасивного вогнезахисту включають бетонування, обкладання цеглою та використання плитних матеріалів [2]. Проте, на сьогодні, багато уваги приділено тонкошаровим реактивним покриттям (інтумесцентні фарби) [3]. Їхня популярність зумовлена можливістю збереження архітектурної виразності сталевих конструкцій, низькою вагою та технологічністю нанесення. Принцип дії таких покриттів базується на складному комплексі фізико-хімічних перетворень. Так, при нагріванні тонкий шар інтумесцентної фарби (зазвичай 0,2–2,0 мм) багаторазово збільшується в об'ємі, утворюючи пористий вуглецевий шар (піну-кокс), який має низьку теплопровідність і виступає бар'єром для прогріву [4].

Сучасний розвиток хімії полімерів відкриває нові можливості для вдосконалення вогнезахисних матеріалів. Особливий інтерес становлять композиції на основі полісилоксанів. На відміну від традиційних органічних зв'язуючих (акрилових, епоксидних), полісилоксани мають неорганічний ланцюг Si–O–Si, що забезпечує їм вищу термостійкість [5].

Покриття на основі полісилоксану широко використовують для захисту бетону, залізобетону, алюмінієвих сплавів, нікелевих, а складовими що додаються до композицій вогнезахисних покриттів є оксиди магнію, силіцію, титану, хрому, цирконію діоксид, мінеральне волокно, зола в різних співвідношеннях мас.

Поведеними дослідженнями [6–8], обґрунтовано співвідношення компонентів вогнезахисного інтумесцентного покриття для сталевих конструкцій, яке включає полісилоксан і алюмінію оксид, додатково містить титан і хром оксиди, як полісилоксан містить поліметилфенілсилоксановий лак. Введення до складу полісилоксану спеціальних наповнювачів, таких як оксиди алюмінію, титану та хрому, дозволило модифікувати

структуру піни, підвищуючи її механічну міцність («керамізація» поверхневого шару) та теплоізоляційні властивості.

Проте для ефективного застосування розробленого високотемпературного вогнезахисного покриття необхідно врахувати, що при проектуванні вогнезахисту, визначальною є необхідна мінімальна товщина покриття для забезпечення нормованого класу вогнестійкості (R15-R90). Визначення даної товщини, ускладнюється нелінійним характером теплофізичних властивостей інтумесцентного покриття в процесі його спучування. Оскільки теплопровідність інтумесцентного шару не є сталою величиною, а є функцією температури, часу та умов розширення, для коректного розрахунку необхідно використовувати методи математичного моделювання, що базуються на експериментальних даних випробувань таких покриттів.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на виявлення закономірностей зміни коефіцієнта теплопровідності та часу досягнення критичної температури у вогнезахисних сталевих конструкціях залежно від товщини вогнезахисного покриття на основі полісилоксану та температури нагріву сталевого елемента конструкції різного перерізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі: ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1 (EN 1991-1-2:2002, IDT), [Чинний від 01-07-2013]. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2010.
2. Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В. Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. Пожежна безпека. 2021. № 39. С. 63–76. DOI: 10.32447/20786662.39.2021.08.
3. Mehta, C., Kumar, A., Tiwari, M K., Kumar, R., Shoeb, M. (2024). Development of Low Smoke Environmental friendly Fire Retardant Intumescent Coatings for GI and Steel Structures. Research Square. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3621335/v1.
4. Wang, L., Zhang, Y. Li, Z. (2020). Intumescent Coatings for Fire Protection of Building Structures and Materials. Dordrecht: Springer Nature.
5. Zielecka, M., Rabajczyk, A., Cygańczuk, K., Pastuszka, Ł., Jurecki, L. (2020). Silicone Resin-Based Intumescent Paints. Materials. 13(21). 4785. DOI: 10.3390/ma13214785.
6. Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В. Експериментальні дослідження вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття на основі полісилоксану та алюмінію оксиду для сталевих будівельних конструкцій. Пожежна безпека. 2022. № 41. С. 31–37. DOI: 10.32447/20786662.41.2022.04.
7. 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). С. 171–179. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-171-179 (2024).
8. Veselivskyi, R. B., Yakovchuk, R. S., Petrovsky, V. L., Havrys, A. P., Smolyak, D. V., Kahitin, O. I. (2024). 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. 112. 248–257. DOI: 10.32347/2410-2547.2024.112.248-257.

ЦИФРОВІЗАЦІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ПРЕВЕНТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Вітовецький В. О.¹, PhD,

Мельник В. П.², к.т.н., доцент

¹Департамент цивільного захисту та превентивної діяльності

Державної служби України з надзвичайних ситуацій,

²Національний університет цивільного захисту України

Організація діяльності у сфері цивільного захисту та превентивної роботи пов'язана з веденням значного обсягу інформації щодо надзвичайних ситуацій, пожеж, об'єктів підвищеної небезпеки, захисних споруд, адміністративної практики, ліцензування, декларування та нормативної роботи.

Виконання цих завдань потребує впорядкування процесів обліку, зберігання, оновлення та використання інформації. Одним із напрямів такого впорядкування є створення та модернізація інформаційних модулів, які забезпечують ведення електронних реєстрів, формування документів, підготовку звітності та обмін даними з державними інформаційними системами.

Метою роботи є узагальнення основних напрямів цифровізації робочих процесів у сфері цивільного захисту та превентивної діяльності.

Цифровізація робочих процесів у сфері цивільного захисту передбачає створення окремих інформаційних модулів за функціональними напрямами. До них належать облік надзвичайних ситуацій, статистика та облік пожеж, формування паспортів ризику, ведення реєстру договорів страхування відповідальності, адміністративна практика, матеріали про пожежі, облік об'єктів підвищеної небезпеки, оцінка органів влади, ліцензування, декларування, нормативна робота та облік фонду захисних споруд цивільного захисту.

Модуль «Облік надзвичайних ситуацій» призначений для ведення електронних карток, що містять інформацію про надзвичайні ситуації та їх наслідки. Модуль «Статистика та облік пожеж» забезпечує автоматизоване заповнення журналу реєстрації інформації про пожежі, формування статистичних і аналітичних звітів та довідок.

Модуль «Паспорт ризику» передбачає формування та ведення електронного паспорта ризику громади, регіону, області та держави. У межах модуля може здійснюватися пошук і фільтрація інформації, візуалізація даних на карті, а також формування звітної документації. Зміст паспорта ризику пов'язаний із відображенням інформації про небезпеки, об'єкти ризику, сили і засоби, захисні споруди та інші дані, що використовуються у сфері цивільного захисту

Інформаційна підсистема «Адміністративна практика» спрямована на цифровізацію процесу складання матеріалів про адміністративні правопорушення, зокрема протоколів і постанов, а також ведення їх обліку. Модуль «Матеріали про пожежі» призначений для електронного формування акта про пожежу та висновку про причини її виникнення.

Модернізація Державного електронного реєстру об'єктів підвищеної небезпеки передбачає взаємодію з Єдиною державною електронною системою у сфері будівництва, обмін інформацією в режимі реального часу та візуалізацію зон потенційного ураження у разі аварії на об'єктах підвищеної небезпеки.

Окремими складовими цифровізації є АРМ «Ліцензування» та АРМ «Декларування». Вони стосуються цифровізації процедур ліцензування господарської діяльності з надання послуг і виконання робіт протипожежного призначення, а також реєстрації декларацій суб'єктів господарювання.

Модуль «Інформаційна система обліку та перевірок об'єктів нагляду» передбачає облік об'єктів нагляду, планування перевірок, створення і реєстрацію матеріалів, формування єдиних та наглядових справ. Модуль «Нормативна робота» пов'язаний з обліком новобудов від етапу проєктування до введення в експлуатацію через інформаційну взаємодію з ЄДЕССБ.

Модуль «Облік та візуалізація фонду захисних споруд цивільного захисту» призначений для ведення електронного обліку захисних споруд органами державної влади та органами місцевого самоврядування. Модуль АРМ «Офіцер-рятувальник громади» передбачає об'єднання окремих систем, підсистем і модулів, необхідних для виконання завдань на рівні територіальної громади.

Функціонування зазначених модулів передбачає інформаційну взаємодію із зовнішніми державними системами та реєстрами, зокрема системою «Трембіта», ЄДЕССБ, Єдиним державним реєстром юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців, Єдиним державним демографічним реєстром, Державним реєстром речових прав на нерухоме майно, Державним земельним кадастром та іншими інформаційними ресурсами.

Інтеграція з державними інформаційними системами використовується для перевірки відомостей, обміну даними, актуалізації інформації та зменшення дублювання під час ведення обліку. Загальна структура цифровізації передбачає функціонування спеціалізованих модулів, які виконують окремі завдання, але можуть використовувати спільні інформаційні ресурси.

Таким чином, цифровізація робочих процесів у сфері цивільного захисту та превентивної діяльності охоплює створення та модернізацію інформаційних модулів для обліку, документування, звітування та інформаційного обміну.

Основними напрямками є облік надзвичайних ситуацій і пожеж, ведення паспортів ризику, облік об'єктів підвищеної небезпеки, облік захисних споруд, автоматизація адміністративної практики, ліцензування, декларування, нормативної роботи та оцінювання органів влади.

Подальше використання таких модулів пов'язане з їх інтеграцією із зовнішніми державними інформаційними системами та застосуванням електронних даних у процесах цивільного захисту і превентивної діяльності.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ КОРОЗІЙНОЇ ДІЇ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ У ПРОТИПОЖЕЖНИХ СИСТЕМАХ

Войтович Т. М., PhD,

Беседа А. В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Корозія металевих елементів систем пожежогасіння, спричинена дією водних вогнегасних речовин, зокрема піноутворювачів та їх робочих розчинів, залишається актуальною науково-практичною проблемою у сфері пожежної безпеки [1, 2]. У процесі експлуатації стаціонарних і автономних систем пожежогасіння металеві резервуари, трубопроводи, клапани, спринклери та інші елементи перебувають у тривалому контакті з водними середовищами, що містять поверхнево-активні речовини, солі та інші компоненти, здатні ініціювати та прискорювати корозійні процеси [3, 4]. Наслідком цього є зниження надійності обладнання, збільшення ризику відмов систем та зростання витрат на їх обслуговування і ремонт [5, 6].

Метою роботи є узагальнення та аналіз сучасних досліджень корозійної активності піноутворювачів і їх робочих розчинів щодо елементів систем пожежогасіння, а також визначення основних напрямів зменшення негативного впливу корозії з метою підвищення ефективності протипожежного захисту об'єктів.

Аналіз наукових джерел свідчить, що корозійні процеси в системах пожежогасіння мають як хімічний, так і електрохімічний характер [3]. Найпоширенішими формами є рівномірна, точкова, щілинна, гальванічна та мікробіологічна корозія [5]. Інтенсивність корозійного руйнування залежить від типу піноутворювача (протеїновий, фторпротеїновий, синтетичний, AFFF, F3), концентрації робочого розчину, хімічного складу води, температурних умов, а також матеріалу конструктивних елементів системи [2, 5, 7, 8].

Експериментальні дослідження корозійної активності піноутворювачів проводяться переважно з використанням гравіметричних та електрохімічних методів [2, 9, 10]. Гравіметричний метод ґрунтується на визначенні втрати маси металевих зразків після їх занурення у робочі розчини піни протягом заданого часу. Електрохімічні методи дозволяють визначити потенціал корозії, густину струму корозії та поляризаційний опір, що дає можливість кількісно порівнювати агресивність різних піноутворювачів. Результати таких досліджень, як правило, добре узгоджуються між собою [2].

За даними сучасних публікацій, протеїнові та фторпротеїнові піноутворювачі демонструють вищу корозійну активність щодо вуглецевої сталі порівняно із синтетичними піноутворювачами, які часто містять стабілізатори та інгібітори корозії [2, 4]. Водночас нержавіюча сталь, латунь і бронза характеризуються значно вищою корозійною стійкістю, хоча в окремих випадках корозійні ушкодження можуть виникати в зонах зварних швів або при наявності агресивних іонів у воді [10].

Важливу роль у розвитку корозії відіграє якість води, що використовується для приготування робочих розчинів піноутворювачів. Наявність іонів хлориду, сульфату, заліза та марганцю, а також підвищена електропровідність середовища сприяють прискоренню електрохімічних процесів [5]. У зв'язку з цим у наукових роботах рекомендується застосування пом'якшеної або демінералізованої води та контроль показника рН, який зазвичай має бути нейтральним або слаболужним [2, 5].

Для зменшення корозійного впливу піноутворювачів у системах пожежогасіння пропонується комплексний підхід. Він включає використання корозійностійких матеріалів, нанесення захисних лакофарбових або полімерних покриттів на внутрішні

поверхні корпусів вогнегасників і резервуарів, регулярне очищення систем після спрацювання, а також введення до складу піноутворювачів інгібіторів корозії [5, 9]. Дослідження показують, що застосування інгібіторів є одним із найбільш простих та економічно доцільних способів зниження швидкості корозії без суттєвого ускладнення конструкції обладнання [9].

Аналіз нормативної бази свідчить, що міжнародні стандарти, зокрема NFPA, приділяють більше уваги питанням сумісності матеріалів і корозійного захисту, ніж чинні національні стандарти [11]. В українських нормативних документах вимоги щодо оцінки та маркування корозійних властивостей піноутворювачів залишаються обмеженими, що зумовлює необхідність їх подальшого вдосконалення [12].

Отже, корозійна дія піноутворювачів та їх робочих розчинів є суттєвим чинником, який необхідно враховувати на етапах проєктування, експлуатації та обслуговування систем пожежогасіння. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію складу піноутворювачів з інгібіторами корозії та оцінювання впливу таких добавок на вогнегасну ефективність, а також на вдосконалення нормативно-технічних вимог у сфері протипожежного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Foorginezhad, S., Mohseni-Dargah, M., Firoozirad, K. et al. (2021). Recent advances in sensing and assessment of corrosion in sewage pipelines. *Process Safety and Environmental Protection*. 147. 192–213. DOI: 10.1016/j.psep.2020.09.009.
2. Patrascu, M. T., Busuioc, A. D., Busuioc, C. et al. (2021). Experimental study on the corrosion of carbon steel and aluminum alloy in firefighting protein foam concentrates. *Materials*. 14(23). 7259. DOI: 10.3390/ma14237259.
3. Revie, R. W., Uhlig, H. H. (2008). *Corrosion and corrosion control: An introduction to corrosion science and engineering*. New Jersey: Wiley-Interscience,
4. Bertschy, A. V., Peterson, H. B. (1969). Corrosion resistance of some common metals to concentrated and 6 % solutions of light water fire-extinguishing agent. *NRL Report No. 6932*. Naval Research Laboratory.
5. Su, P., Fuller, D. B. (2014). Corrosion and corrosion mitigation in fire protection systems. *Research Technical Report No. 0003040794*. FM Global. URL: <https://atossa.fr/wp-content/uploads/2024/03/FMCorrosionTechReport.pdf>
6. Kaiser, L. (2013). The growing problem of corrosion in preaction sprinkler systems. *ORR Protection*. URL: <https://www.orrprotection.com/mcfp/problem-of-corrosion-in-preaction-sprinkler-systems> (дата звернення: 06.02.2026).
7. Ковалишин В. В. та ін. Використання екологічно прийнятних вогнегасних речовин. Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи: матеріали конф., м. Львів, 14 верес. 2018 р. С. 42–43.
8. Su, P., Doerr, W. W. (2010). Fire protection sprinkler system for extremely corrosive industrial duct environments. *Process Safety Progress*. 29(1). 70–78. DOI: 10.1002/prs.10319.
9. Войтович Т. М., Ковалишин В. В., Войтович О. Б. Дослідження впливу карбозоліну та оксиетилідендифосфонової кислоти на корозійну активність робочих розчинів піноутворювачів. *Пожежна безпека*. 2023. № 43. С. 41–49. DOI: 10.32447/20786662.43.2023.06.
10. Войтович Т. М., Ковалишин В. В., Кошеленко В. В. Дослідження впливу інгібіторів корозії на корозійну активність робочих розчинів піноутворювачів. *Пожежна безпека*. 2017. № 30. С. 16–21.
11. NFPA 16: Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems. 2014 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2014.
12. ДСТУ EN 1568:2018 (усі частини) Вогнегасні речовини. Піноутворювачі. Київ : Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, 2018.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІАМЕТРІВ ТРУБОПРОВІДІВ ДРЕНЧЕРНИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Волобоєва В. В.,

Мурін М. М., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

АСПГ являє собою систему, яка автоматично приходить в дію при перевищенні контрольованим фактором (факторами) пожежі заданих граничних значень в зоні, що захищається. Така система об'єднує в собі технічні засоби для ліквідації пожежі за рахунок випуску вогнегасних речовин і сумішей.

Існує кілька видів систем пожежогасіння, кожен з яких призначений для різних типів гасіння пожеж: водяні, пінні, газові, порошкові, аерозольні та комбіновані системи.

Системи водяного пожежогасіння поділяються на спринклерні та дренчерні.

Спринклерні АСВПГ призначені для гасіння пожежі локально по площі, що утворюється приміщенні, що захищається.

Дренчерні АСВПГ призначені для гасіння пожеж по всій площі, яка захищається. Особливістю цих систем є те, що живильний трубопровід і розподільча мережа із-за конструктивних особливостей дренчерних зрошувачів сполучається з атмосферою, тобто в цих трубопроводах відсутня вода.

В зв'язку з цим проектування таких систем пов'язане з рядом обмежень, викладених [1, 2].

Автоматичні системи пожежогасіння призначені для раннього виявлення пожежі та її гасіння в початковій стадії. Тому, при проектуванні таких систем необхідно виконання наступної умови:

$$t_{иу} = t_{че} + t_{п} + t_{тр} < t_{кр} \quad (1)$$

де $t_{иу}$ – припустима інерційність системи;

$t_{че}$ – інерційність чутливого елемента збуджувальної системи;

$t_{п}$ – паспортна тривалість спрацювання пускового блоку (вузла керування);

$t_{тр}$ – тривалість транспортування вогнегасної речовини по трубопроводах;

$t_{кр}$ – критичний час розвитку пожежі.

У дренчерних автоматичних системах пожежогасіння інерційність установки складається з суми часів виявлення пожежі збуджувальною системою, спрацювання запірно-пускової арматури і часу заповнення сухотрубів. У нормативних документах обмеження на інерційність спонукальної системи невизначені, час спрацювання запірно-пускової арматури визначається технічною документацією і для сформованої системи є константами. Таким чином, допустиму інерційність спрацювання установки можна мінімізувати за рахунок скорочення часу заповнення розподільчої мережі. А це досягається за рахунок варіювання діаметрів трубопроводів на поточних ділянках.

Математична модель повинна враховувати можливість варіації всіх незалежних змінних. При цьому рішення задачі повинно знаходитися в області припустимих рішень. Така оптимізаційна задача зводиться до вибору набору діаметрів ділянок трубопроводу з заданого набору нормативних діаметрів $\{d_1^n, d_2^n, \dots, d_k^n\}$.

Для побудови функції мети введемо вектор пріоритетів $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_L\}$, задає переваги особи, що приймає рішення (ОПР), щодо черговості можливої зміни діаметрів ділянок трубопроводів: $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_L$

$$\sum_{i=1}^L \lambda_i d_i \rightarrow \max_{d \in \Omega} \quad (2)$$

де L – кількість розглянутих ділянок трубопроводів;

d_i – поточне значення діаметра трубопроводу;

$\Omega \subset \mathbb{R}^L$ – область припустимих рішень задачі.

Області Ω припустимих рішень задачі задається наступними обмеженнями:

– обмеження на час заповнення трубопроводів живильного та розподільчій мережі

$$C \sum_{i=1}^L \frac{l_i d_i^2}{q_i} \leq t_{\max} = t_{\text{кр}} \quad (3)$$

– обмеження на максимальну швидкість заповнення

$$C \frac{q_i}{d_i^2} \leq V_{\max} \quad (4)$$

– обмеження на допустимі діаметри ділянок трубопроводів

$$d_i \in \{d_1^n, d_2^n, \dots, d_K^n\}, i = 1, 2, \dots, L \quad (5)$$

Задача (2.2–2.5) є задачею нелінійного цілочисельного програмування.

Запропонована математична модель дозволяє визначити оптимальні діаметри трубопроводів дренажної системи пожежогасіння на етапі проектування з урахуванням обмежень, накладених на систему.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стационарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування. (EN 12845:2016, IDT): ДСТУ EN 12845:2016. [Чинний від 2016-09-01]. (Національний стандарт України).

2. Дренажні системи. Проектування, монтаж и технічне обслуговування (ICS 13.220.20): ДСТУ Б СЕН/TS 14816:2008. [Чинний від 2014-04-01]. К. : Мінрегіон України, 2013. 52 с. (Національний стандарт України).

3. Бондаренко С. Н., Мурын М. Н., Христюк В. В. Определение параметров распределительной сети спринклерной воздушной секции системы водяного пожаротушения. Проблемы пожарной безопасности. 2019. № 45. С. 17–21.

ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ, ЯКИЙ ОТРИМАВ ПОШКОДЖЕННЯ ВНАСЛІДОК УРАЖЕННЯ БПЛА

*Голоднов О. І., д.т.н., професор
Державний університет «Київський авіаційний інститут»*

Об'єктом досліджень був чотирьохповерховий житловий будинок, розташований в місті Києві, окремі конструкції якого отримали пошкодження внаслідок бойових дій Російської Федерації проти України (рис. 1).



Рисунок 1 – Руйнування залізобетонної стіни ліфтової шахти внаслідок влучання БпЛА з виникненням отвору і оголенням арматури (вигляд з боку приміщень будинку на четвертому поверсі)

Обстеження проводилось з метою обґрунтування рішень замовника щодо подальшої експлуатації будинку [1–3]:

- підтвердження можливості подальшої безпечної експлуатації будинку;
- встановлення (обґрунтування) необхідності відновлення окремих конструкцій і будинку в цілому;
- планування і виконання робіт з відновлення будинку.

Мета обстеження досягалась шляхом вирішення відповідних завдань обстеження, серед яких були:

- оцінювання (діагностування) технічного стану будівельних конструкцій, інженерних систем і будинку в цілому;
- визначення виду та обсягів робіт з відновлення будинку;
- визначення обґрунтованої необхідності демонтажу (ліквідації) будинку.

Методи обстеження:

- ознайомлення з об'єктом, наявною проєктною та технічною документацією на будинок;
- аналіз вихідних даних;
- проведення візуальних та інструментальних обстежень конструктивних елементів будинку, інженерних систем та будинку в цілому;
- уточнення умов експлуатації;
- виявлення та фіксація наявних пошкоджень конструкцій на основі проведеного обстеження;
- аналіз результатів обстеження та складання висновку з наведенням класифікації будинку у відповідності до вказаних груп та надання остаточних рекомендацій щодо першочергових та протиаварійних заходів;
- оформлення технічного звіту за результатами виконаної роботи з розробкою проєкту посилення конструкцій.

Обстеження конструкцій виконувалося в місцях загального доступу: фасад, стіни, дах, загальні коридори, сходові клітки тощо.

Визначення технічного стану конструкцій будинку проводилось шляхом візуального та інструментального обстеження несучих і огорожувальних конструкцій, а також їх вузлів з метою виявлення пошкоджень і деформацій, а також геометричних розмірів. Проведено огляд інженерних систем, які мають вплив на будівельні конструкції, виконано вибіркове розкриття закритих елементів і вузлів для оцінки їх технічного стану та вимірювання необхідних технічних та експлуатаційних характеристик.

Інструментальне обстеження конструкцій проводилось шляхом вимірювання геометричних параметрів конструкцій, діаметрів застосованої при виготовленні конструкцій арматури та її розташування, параметрів зруйнованих конструкцій для розробки проєктів посилення. Визначення характеристик бетону конструкцій не виконувалось, оскільки для тих конструкцій, які були пошкоджені під час обстрілу, було прийнято рішення про посилення шляхом вилучення зруйнованого бетону, встановлення додаткового армування в межах руйнації, виконання бетонних робіт і оздоблення конструкції стіни в місці проведення ремонтних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 9273:2024 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024. 78 с.
2. Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів: наказ Міністерства розвитку громад та територій України 28.04.2022 року № 65. Київ, 2022. 38 с.
3. Голоднов О. І. Відновлення конструкцій житлового будинку, який отримав пошкодження внаслідок бойових дій. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сталий розвиток інфраструктури авіаційного транспорту: проблеми утримання та відновлення». Київ : ДП КАІ, 2025. № 28. С. 36–38.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Грищенко А. А.

Національний університет цивільного захисту України

Об'єкти зберігання нафтопродуктів належать до потенційно небезпечних виробничих об'єктів через значні обсяги легкозаймистих та горючих рідин, високу концентрацію енергії горіння та можливість швидкого поширення пожежі. В умовах воєнного стану ризик виникнення пожеж на таких об'єктах зростає унаслідок ударно-імпульсного впливу від ракетних або артилерійських уражень, що призводить до механічного пошкодження резервуарів, розгерметизації технологічного обладнання, утворення розливів нафтопродуктів та формування вибухонебезпечних пароповітряних сумішей.

Сучасні підходи дослідження пожежної безпеки включають оцінку ризику, моделювання пожежі, вдосконалення систем гасіння та зонування небезпечних факторів. Дослідники [1] оцінювали ризик пожеж за індексом, що дозволяє кількісно визначати небезпеку та формувати ефективні заходи зменшення ризику. В роботі [2] зазначено, що традиційні методи пожежогасіння не завжди ефективні, особливо за механічного пошкодження резервуарів; пропонуються системи автоматичного охолодження та підповерхневої піни для локалізації загорянь. Математичне моделювання дозволяє оцінювати теплове випромінювання, токсичні гази та небезпечні дистанції для сусідніх об'єктів. Матеріали резервуарів та щільність їх розташування впливають на ланцюгове поширення пожежі. Науковці [3] визначали зони впливу небезпечних факторів, що важливо для зонування ризику.

Особливістю пожеж на резервуарних парках є можливість швидкого переходу локального займання у масштабну пожежу з ефектом доміно, коли теплове випромінювання та вибухові явища спричиняють загоряння сусідніх резервуарів. За таких умов виникає необхідність дослідження закономірностей розвитку пожеж з урахуванням ударно-імпульсного впливу та формування математичного опису процесів горіння та поширення пожежі.

Розвиток пожежі на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного впливу може відбуватися за кількома характерними сценаріями:

- займання пароповітряної суміші у пошкодженому резервуарі;
- пожежа розливу нафтопродукту на території резервуарного парку;
- вибух з подальшим розвитком об'ємної пожежі;
- поширення пожежі за принципом ефекту доміно між сумісними резервуарами.

Однією з основних характеристик пожежі є швидкість тепловиділення, яка визначає інтенсивність перебігу процесу горіння. Для пожежі розливу нафтопродукту теплову потужність пожежі можна оцінити за залежністю:

$$Q = m'' \cdot A \cdot H_c. \quad (1)$$

де Q – тепловиділення пожежі, кВт; m'' – питомий коефіцієнт вигорання, кг/(м²·с); A – площа поверхні горіння, м²; H_c – нижча теплота згорання нафтопродукту, кДж/кг.

У випадку ударно-імпульсного пошкодження резервуара площа розливу може швидко збільшуватися, що призводить до різкого зростання теплової потужності пожежі.

Поширення пожежі на сусідні резервуари визначається тепловим випромінюванням. Інтенсивність теплового потоку від факела пожежі може бути описана залежністю:

$$q = \chi \cdot \frac{Q}{4\pi R^2}, \quad (2)$$

де q – густина теплового потоку, кВт/м²; χ – коефіцієнт випромінювальної здатності полум'я; R – відстань від осередку пожежі до об'єкта, м.

Якщо тепловий потік перевищує критичне значення q_{cr} , відбувається нагрівання стінки сусіднього резервуара до температури займання парів нафтопродукту. Умову переходу пожежі на сусідній резервуар можна подати у вигляді: $q \geq q_{cr}$.

У випадку руйнування або розгерметизації його верхньої частини може формуватися вертикальний факел горіння, що збільшує радіус небезпечного теплового впливу.

Імовірність розвитку пожежі в резервуарному парку за принципом ефекту доміно може бути оцінена через функцію:

$$P = 1 - e^{-k \cdot Q}, \quad (3)$$

де P – імовірність поширення пожежі; k – коефіцієнт, що враховує щільність розташування резервуарів та ефективність протипожежних бар'єрів; Q – тепловиділення пожежі.

Збільшення теплової потужності пожежі внаслідок розширення площі розливу або руйнування резервуара сприяє підвищенню імовірності розвитку пожежі за принципом ефекту доміно.

Таким чином, пожежі на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану характеризуються складними сценаріями розвитку, пов'язаними з механічним пошкодженням резервуарів, утворенням значних розливів горючих рідин та можливістю вибухових явищ. Основними факторами, що визначають інтенсивність розвитку пожежі, є площа горіння, масова швидкість вигорання нафтопродукту та інтенсивність теплового випромінювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Doregar Zavareh, R., Dana, T., Roayaei, E., Monavari, S.M., Jozi, S.A. (2022). The environmental risk assessment of fire and explosion in storage tanks of petroleum products. *Sustainability*. 14(17). 10747.

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. Міллер О. В., Вовк С. Я., Ференц Н. О. Аналіз аварійних ситуацій і аварій в резервуарних парках складів нафти та нафтопродуктів. *Пожежна безпека*. 2017. № 31. С. 125–129.

ІНТУМІСЦЕНТНІ ФАРБИ НА ЕПОКСІПОЛІУРЕТАНОВІЙ ОСНОВІ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ У РАЗІ ПОЖЕЖІ

Гузій С. Г.¹, к.т.н., с.н.с.,

Кобрін М. В.²,

Гузій О. І.²,

Курська Т. М.³, к.т.н., доцент

¹Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища

Національної академії наук України»,

²ПП «Пожтехнозахист»,

³Одеський політехнічний національний університет

Вогнезахист електричних кабелів та кабельних проходок – це спеціалізована обробка кабельних мереж, яка забезпечує їх стійкість до високих температур у разі пожежі. Основною метою вогнезахисту кабелів є зниження ризику пожежі та подальшого поширення полум'я вздовж кабельних ліній. Це забезпечує безперебійну роботу кабелів протягом певного періоду та сприяє безпечній евакуації персоналу з інфраструктурних підприємств. Вогнезахист електричних кабелів передбачає нанесення спеціальних вогнезахисних покриттів або використання кабелів з вогнестійкою ізоляцією для запобігання поширенню вогню та збереження функціональності кабельних мереж під час пожежі. Це захищає від плавлення, поширення вогню та зменшує викид токсичних продуктів горіння (хлор, чадний газ тощо).

Згідно п. 3,4 ДСТУ Б.В.1.1-11 «Вогнестійкість кабельної лінії – спроможність кабельної лінії, прокладеної певним способом, зберігати функціональність за умов пожежі», кабельна лінія, в умовах пожежі (вплив стандартного температурного режиму та відкритого вогню), повинна забезпечити безперебійне живлення спеціального обладнання (систем пожежогасіння, видалення диму, оповіщення, аварійного освітлення і ін.) протягом зазначеного часу, достатнього для евакуації та локалізації пожежі. Цей час, за вимогами ДБН В.2.5-23 п. 4.36 ж, становить не менше 90 хвилин працездатності спеціального обладнання (кабельні лінії, які складаються з металевих труб, металорукавів, з'єднувальних муфт, елементів кріплення та вогнестійкого кабелю) і класифікується як норма вогнестійкості Р90 (Е90). Звичайні, тобто невогнестійкі кабелі, в умовах чи короткого замикання, чи пожежі ведуть себе по-іншому і в нормативній документації відсутня пряма інформація щодо вогнестійкості саме незахищених електричних кабелів.

Враховуючи цю обставину, нами були здійснені вогневі випробування макету електричних кабелів, захищених інтумісцентною епоксіполіуретановою фарбою. Після полімеризації, середня товщина сформованого покриття становила 2,6 мм (рис. 1, а). Випробування проводили за допомогою пальника Бунзена [1]. Джерелом полум'я була газова лампа потужністю 1,9 кВт з робочою температурою до 1350 °С, яку встановлювали таким чином, щоб струмінь полум'я був спрямований горизонтально на макет зразка, а сопло пальника знаходилося на відстані 160 мм. Під час випробувань на поверхні зразка підтримувалася стабільна температура полум'я не менше 600 °С (рис. 1, б, в).

Для ПВХ-ізоляції є характеристичні температури, при яких відбуваються зміни цілісності та електроізоляційної здатності полімеру [2]. Так, в інтервалі температур 70...90 °С відбувається розм'якшення ПВХ плівки, в інтервалі 150...185 °С (граничні температури) відбувається термічна деструкція полімеру, а при температурі 455 °С полімер починає горіти (рис. 2).

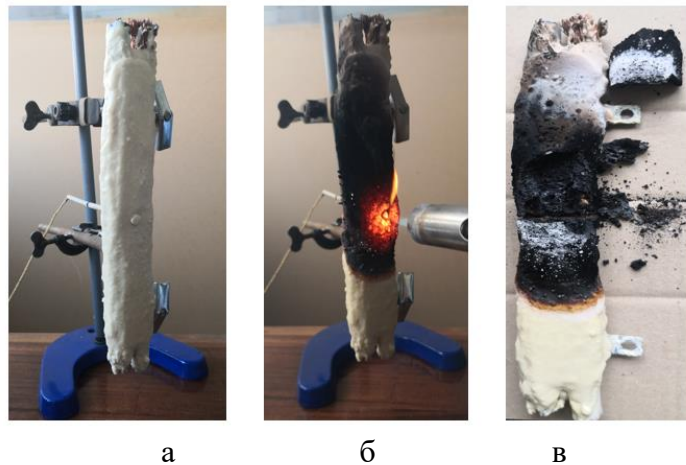


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд кабельного макету з покриттям до (а), в процесі (б) та після вогневого впливу (в)

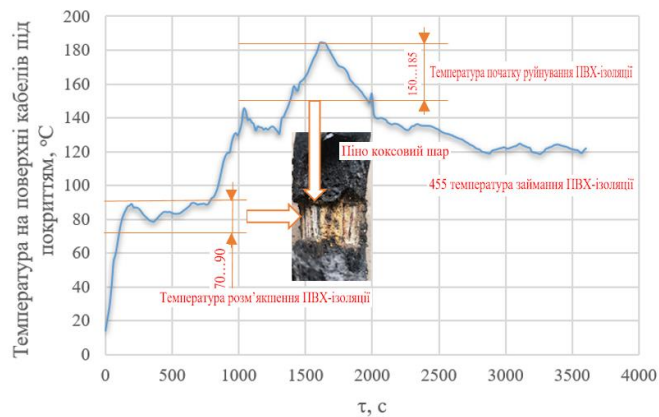


Рисунок 2 – Залежність температури від часу вогневих навантажень

Після 3600 с вогневого впливу, на кривій $T=f(\tau)$ в інтервалі 105...780 с зафіксували розм'якшення ПВХ-ізоляції, яке тривало на протязі 11 хв.; в інтервалі 1395...2000 с зафіксовано настання граничного стану ПВХ-ізоляції плівки, який тривав на протязі 10 хв.; в інтервалі 2000...3600 с температура на поверхні ПВХ-ізоляції знизилася з 150 до 120 °С без явних деструктивних скоків. Тепловий потік стримувався за рахунок розвинутої пористої структури шару піно коксу. Лінійний коефіцієнт спучення 24,62, втрата маси 5,7 %.

Отримані дані свідчать про перспективність використання для потреб вогнезахисту електричних кабелів інтумісцентної фарби на епоксіполіуретановій основі. Після модифікування її складу досягнення норми вогнестійкості Р90 (Е90) цілком ймовірно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Guzii, S., Kurska, T., Panashchuk, Ya., Lyubashenko, A. (2025). Reactive compounds for fire protection of electrical cables and cable passages at nuclear power plants. Collection of abstracts from the All-Ukrainian scientific and practical conference for students, postgraduates and young scientists «Geintegration: science, technology and the environment», 11-12 November 2025, Kyiv, SI 'IEG' NAS Ukraine. 144-148.

2. Фізичні властивості ПВХ. URL: <https://ua.absextruding.com/info/pvc-s-physical-properties-25506864.html>

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ВАЛІДАЦІЇ НЕСТАНДАРТИЗОВАНИХ МЕТОДІВ ВИПРОБУВАНЬ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Добростан О. В., к.т.н., ст. дослідник,

Бедратюк О. І.,

Стилик .Г.

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Сучасний розвиток будівельних матеріалів, вогнезахисних систем, композиційних покриттів та інженерних рішень у сфері протипожежного захисту зумовлює суттєве ускладнення процедур оцінювання їх пожежної небезпеки. Інтенсивне оновлення номенклатури матеріалів та технологій нерідко випереджає нормативне забезпечення методів їх випробування, що призводить до необхідності застосування нестандартизованих або модифікованих методик. У таких умовах валідація стає не формальною вимогою системи управління якістю, а ключовим інструментом наукового підтвердження достовірності результатів.

Відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 [1], лабораторія зобов'язана підтвердити придатність нестандартизованого методу до конкретного застосування. Проте у сфері пожежної безпеки така вимога набуває особливого змісту, оскільки результати випробувань безпосередньо впливають на визначення класів пожежної небезпеки, прийняття технічних регуляторних рішень та встановлення умов безпечної експлуатації об'єктів. Невідповідність методу у цій сфері не є лише статистичною похибкою – вона може трансформуватися у ризик для життя і здоров'я людей.

Специфіка нестандартизованих методів у сфері пожежної безпеки полягає у складності фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час термічного впливу на матеріал. Процеси піролізу, займання, поширення полум'я, тепловиділення та утворення продуктів горіння мають нелінійний характер і залежать від великої кількості взаємопов'язаних факторів. Вплив щільності теплового потоку, швидкості нагрівання, вологості зразка, його геометричних параметрів і структурної неоднорідності може суттєво впливати на кінцевий результат. Тому методологія валідації повинна враховувати не лише метрологічні характеристики засобів вимірювання, а й поведінку об'єкта дослідження в умовах термічного навантаження.

Сутність методологічного підходу до валідації полягає у встановленні експериментально підтверджених характеристик методу в межах визначеної сфери застосування. Це передбачає формування обґрунтованої програми експериментальних досліджень із достатньою кількістю повторів, варіюванням впливових параметрів та статистично коректною обробкою результатів. У процесі такої роботи визначаються показники стабільності результатів, їх розсіювання, чутливість до змін умов та межі прийнятної невизначеності.

Особливого значення набуває оцінювання стійкості методу до незначних змін умов випробування – його здатності зберігати стабільність результатів за контрольованих відхилень параметрів. Для методів випробувань у сфері пожежної безпеки це може означати зміну температурного режиму в допустимих межах, незначне коливання вологості матеріалу, варіацію розміщення зразка у зоні теплового впливу або відмінності в підготовці поверхні. Оцінка стійкості методу підтверджує, що метод є практично застосовним у реальних лабораторних умовах, а не лише в ідеалізованому експериментальному середовищі.

Не менш важливою складовою є оцінювання невизначеності результатів випробувань [2]. У сфері пожежної безпеки невизначеність має комплексний характер і включає внесок засобів вимірювальної техніки, варіабельності матеріалу, нестабільності теплових режимів та людського фактора. Коректне визначення сумарної невизначеності дозволяє встановити обґрунтовані критерії прийняття рішень і забезпечує прозорість інтерпретації результатів [3, 4].

У випадках відсутності калібрувальних зразків або стандартних методів порівняння, підтвердження придатності нестандартизованої методики може здійснюватися шляхом проведення міжлабораторних випробувань або зіставлення результатів із даними теоретичного моделювання теплових процесів. Такий підхід поєднує експериментальні та аналітичні методи, що підвищує наукову обґрунтованість висновків.

Системний характер валідації передбачає її інтеграцію в загальну структуру наукових досліджень установи. Розроблення нестандартизованого методу повинно супроводжуватися теоретичним аналізом процесів, експериментальним підтвердженням гіпотез та формуванням доказової бази щодо відтворюваності результатів. Такий підхід дозволяє забезпечити спадковість наукових напрацювань і сприяє подальшій стандартизації апробованих методик.

Практичний досвід застосування нестандартизованих методів у сфері визначення показників займистості, температури самозаймання, ефективності вогнезахисних покриттів та інших характеристик свідчить, що саме якісно проведена валідація формує довіру до протоколів випробувань, забезпечує об'єктивність прийняття рішень щодо можливості використання матеріалів у будівельних конструкціях та на об'єктах підвищеної пожежної небезпеки.

Валідація нестандартизованих методів випробувань у сфері пожежної безпеки є складним багатокомпонентним процесом, що поєднує експериментальну перевірку, статистичний аналіз, метрологічне забезпечення та наукове обґрунтування. Її реалізація відповідно до вимог [1] забезпечує належний рівень достовірності результатів, мінімізує ризики помилкових рішень і підвищує загальний рівень пожежної безпеки. У сучасних умовах саме методологічно вивірена валідація є фундаментом довіри до результатів випробувань та запорукою ефективного функціонування системи технічного регулювання у сфері цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. Чинний від 01.01.2021. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 30 с.
2. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювання. Частина 3. Настанова з вираження невизначеності вимірювання (GUM:1995). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 76 с.
3. ISO 5725-1:2023 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results Part 1: General principles and definitions.
4. ISO 5725-2: 2025 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.

ЗМІНИ В НОРМАТИВНОМУ РЕГУЛЮВАННІ ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ

Добростан О. В., к.т.н., ст. дослідник,

Климаць Р. В., к.т.н., ст. дослідник,

Самченко Т. В. PhD, ст. дослідник,

Ратушний О. В.

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

До 01.01.2026 в Україні під час оцінювання вогнезахисних засобів для деревини застосовували метод випробувань відповідно до ГОСТ 16363-98 [1], згідно з яким визначали групу вогнезахисної ефективності (I або II) за результатами визначення втрати маси зразків деревини після стандартизованого вогневого впливу. Отриманий показник мав класифікаційний характер і використовувався як нормативний критерій під час проектування, виконання робіт з вогнезахисту та приймання їх результатів. Належність засобу до I групи вогнезахисної ефективності фактично засвідчувала досягнення регламентованого рівня зниження пожежної небезпеки деревини.

Із набранням чинності з 01.11.2025 ДСТУ 9330:2025 [2] відбувся перехід до іншої моделі оцінювання. Новий стандарт не передбачає поділу на групи вогнезахисної ефективності, а встановлює порядок визначення придатності вогнезахисного засобу для вогнезахисту виробів із деревини. Результатом випробування є встановлення відповідності або невідповідності вогнезахисного засобу визначеним граничним показникам. Основним кількісним критерієм є значення втрати маси зразків, яке не повинно перевищувати 9 % за умов проведення випробування.

Таким чином, зміни мають не лише формально-термінологічний, а й концептуальний характер. Якщо раніше результат оцінювання виражався через віднесення до певної групи, то відповідно до [2] він формулюється у вигляді висновку щодо придатності або непридатності засобу. Такий підхід орієнтований на встановлення чіткої відповідності визначеним критеріям без застосування проміжних класифікаційних категорій, що відповідає сучасним принципам технічного регулювання.

Водночас аналіз чинної нормативної бази свідчить про збереження в окремих документах посилань на групи вогнезахисної ефективності. Зокрема, вимоги щодо застосування вогнезахисних засобів, які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності, містяться у Правилах з вогнезахисту та Правилах пожежної безпеки в Україні, а також у державних будівельних нормах, зокрема ДБН В.1.1-7:2016, ДБН В.2.2-8-98, ДБН В.2.2-9:2018, ДБН В.2.2-15:2019, ДБН В.2.2-16:2019, ДБН В.2.6-220:2017. У зазначених документах встановлено, що дерев'яні елементи горючих покриттів (за винятком будинків V ступеня вогнестійкості) повинні бути оброблені засобами, які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно з [1].

Унаслідок цього виникла нормативна неузгодженість: метод визначення групи вогнезахисної ефективності втратив чинність, однак відповідний показник продовжує використовуватися як обов'язкова вимога у будівельних нормах та правилах. Така ситуація створює правову невизначеність для суб'єктів господарювання, випробувальних лабораторій, проектних організацій і органів державного нагляду (контролю), оскільки відсутній чинний механізм підтвердження показника, на який посилаються нормативні акти.

З урахуванням положень [2] доцільним є приведення нормативних документів у відповідність до нової моделі оцінювання. Вимоги щодо застосування вогнезахисних

засобів мають формулюватися через необхідність підтвердження їх придатності для вогнезахисту виробів із деревини за результатами випробувань, проведених відповідно до чинного національного стандарту. Такий підхід забезпечить логічну узгодженість між процедурою випробування та нормативною вимогою, усуне суперечності у правовому полі та сприятиме єдності практики оцінювання.

Крім того, перехід до визначення придатності має позитивне значення для системи технічного регулювання загалом. Відмова від групової класифікації спрощує інтерпретацію результатів випробувань і мінімізує ризики неоднозначного трактування під час здійснення контролю. Водночас це потребує чіткого нормативного закріплення того, що підтвердження відповідності встановленим критеріям є достатньою та вичерпною підставою для застосування вогнезахисного засобу.

Отже, перехід від ГОСТ 16363-98 до ДСТУ 9330:2025 слід розглядати як трансформацію підходів до оцінювання вогнезахисних властивостей засобів для деревини. Забезпечення ефективного функціонування оновленої системи можливе лише за умови комплексного перегляду та гармонізації нормативно-правових актів із урахуванням нового принципу – встановлення придатності засобу за результатами стандартизованого випробування. Це є необхідною передумовою формування цілісної, внутрішньо узгодженої системи вимог у сфері пожежної безпеки дерев'яних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 16363-98 Средства огнезащитные для древесины. Метод определения огнезащитной эффективности. Чинний до 01.01.2026. 1998. С. 7.
2. ДСТУ 9330:2025 Речовини вогнезахисні для деревини. Метод визначення вогнезахисних властивостей. Чинний від 01.11.2025. Київ: УкрНДНЦ, 2025. С. 8.
3. Правила з вогнезахисту. Затверджені наказом МВС від 26 грудня 2018 року № 1064, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 березня 2019 року № 259/33230.
4. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Чинний від 01.06.2017. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. С. 35.

**МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ВОГНЕЗАХИСНИХ
ПОКРИВІВ ТА ПРОСОЧЕНЬ ДО ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ ВІДПОВІДНО
ДО ДСТУ 9331:2025**

Добростан О. В., к.т.н., ст. дослідник,

Іллюченко П. О., PhD,

Монастирецький В. В.,

Масан С. М.

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Стійкість вогнезахисних покривів та просочень до зовнішніх впливів є одним із визначальних чинників забезпечення стабільності їхніх функціональних властивостей у процесі експлуатації об'єктів вогнезахисту. Втрата захисних характеристик під дією кліматичних та експлуатаційних факторів може призводити до суттєвого зниження рівня пожежної безпеки конструкцій, що обумовлює необхідність нормативно врегульованого оцінювання довговічності вогнезахисних систем.

Уведення в дію ДСТУ 9331:2025 [1] формує новий методологічний підхід, відповідно до якого стійкість матеріалів визначають не за окремими фізико-хімічними або структурними показниками, а через зміну параметрів вогнезахисної ефективності після регламентованих режимів впливу. Такий підхід відповідає концепції функціональної надійності захисних систем і дозволяє безпосередньо оцінювати придатність вогнезахисних матеріалів до довготривалого використання.

Методологічна основа стандарту ґрунтується на принципі імітаційного старіння, за якого зразки піддають комбінованому впливу температурно-вологісних циклів, водного навантаження та ультрафіолетового випромінювання. У цьому випадку процеси зміни експлуатаційних властивостей матеріалу розглядають як закономірну реакцію матеріалу на дію зовнішніх чинників, а визначальним критерієм стійкості виступає відносна зміна нормованих показників вогнезахисної ефективності.

Для вогнезахисних засобів для деревини оцінювання здійснюють за показником втрати маси зразків у процесі вогневих випробувань. Такий критерій є фізично обґрунтованим, оскільки безпосередньо характеризує інтенсивність термічної деструкції деревини та ефективність інгібування процесів піролізу. Зменшення вогнезахисної ефективності після кліматичних або гідротермічних впливів свідчить про структурні або хімічні зміни у захисному шарі, що мають критичне значення для експлуатаційної надійності.

Для реактивних покривів, призначених для металевих конструкцій, ключовим параметром є час до досягнення критичної температури сталі. Цей показник відображає теплоізоляційну здатність сформованого вогнезахисного шару та інтегрально враховує комплекс фізичних процесів, включаючи спучування, фазові перетворення та тепломасообмін. Установлені стандартом порогові значення відносного збереження результатів забезпечують статистичну репрезентативність оцінювання та враховують варіабельність характеристик покривів.

Класифікація вогнезахисних засобів за типами стійкості до зовнішніх впливів (X, Y, Z1, Z2), передбачена [1], концептуально узгоджується з європейською моделлю нормування умов кінцевого використання. Зазначені категорії мають походження у європейських оцінювальних документах та стандартах, де вони застосовуються для диференціації режимів експлуатації вогнезахисних матеріалів залежно від температурних,

вологісних та кліматичних чинників. Такий підхід відображає сучасні уявлення про визначальну роль навколишнього середовища у процесах деградації захисних покривів.

Диференціація типів умов використання дозволяє враховувати інтенсивність деструктивних процесів, що виникають у вогнезахисних матеріалах під дією вологи, температурних коливань та ультрафіолетового випромінювання. Найбільш жорсткі випробувальні режими відповідають умовам відкритої атмосфери, що є фізично виправданим з огляду на максимальну інтенсивність факторів старіння. Ієрархічна структура категорій забезпечує логічну узгодженість між рівнями експлуатаційних впливів та сприяє уніфікації критеріїв довговічності.

У цілому [1] реалізує функціонально-орієнтований підхід до оцінювання довговічності вогнезахисних матеріалів, за якого визначальним є збереження експлуатаційно значущих показників після імітаційних режимів старіння. Така методологія відповідає сучасним тенденціям технічного регулювання та забезпечує підвищення достовірності прогнозування експлуатаційної надійності систем вогнезахисту.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на встановлення кількісних кореляцій між лабораторними режимами імітаційного старіння та натурними умовами експлуатації, що дозволить удосконалити процедури прогнозування довговічності та підвищити обґрунтованість критеріїв прийняття рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 9331:2025 Захист від пожежі. Вогнезахисні покриви та просочення. Методи випробування на стійкість до зовнішніх впливів. Чинний від 01.11.2025. Київ : УкрНДНЦ, 2025. С. 8.
2. ДСТУ 9291:2024 Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об'єктів вогнезахисту. Чинний від 01.03.2025. Київ : УкрНДНЦ, 2025. С. 8.
3. ДСТУ 9330:2025 Речовини вогнезахисні для деревини. Метод визначення вогнезахисних властивостей. Чинний від 01.11.2025. Київ : УкрНДНЦ, 2025. С. 6.
4. Звіт про НДР (остаточний). Дослідження показників якості вогнезахисних матеріалів («Методи контролю вогнезахисту») / Кер. Коваленко В.В. ІДУ НД ЦЗ. Київ, 2023. С. 259. № 0122U002325.

ЗАСТОСУВАННЯ РЯТУВАЛЬНОЇ СТРОПИ ПРИ РОБОТІ З ПОЖЕЖНОЮ РУКАВНОЮ ЛІНІЄЮ

Касіян О. В.,

Лин А. С., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Під час гасіння пожеж особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів здійснює розвідку місця події, після чого визначає вирішальний напрямок оперативних дій на основі чого виконує оперативне розгортання для швидкої локалізації та ліквідації пожежі [1]. Основною складовою проведення оперативного розгортання є прокладанням пожежних рукавних ліній, що вимагає від пожежних-рятувальників значних силових зусиль, фізичної та психологічної витривалості, координації та високого рівня фізичної підготовки, оскільки пожежний-рятувальник вже несе на собі основне оснащення яке важить не менше 20 кг, а це – захисний одяг та спорядження, апарат на стиснутому повітрі, а також в реаліях сьогодення при необхідності комплект бронезахисту [2–4].

Основні аспекти фізичного навантаження під час проведення оперативного розгортання, а особливо при підйомі рукавних ліній на висоту включають в себе перенесення та прокладання рукавних ліній та необхідного додаткового пожежно-технічного обладнання. Якщо рукав наповнений водою, його вага зростає в рази, а опір тертю об землю робить пересування надважким, що створює значне навантаження на опорно-руховий апарат.

Навантаження при розгортанні пожежних рукавних ліній не є рівномірним воно складається з декількох критичних компонентів: вага спорядження, робота під тиском, при подачі води рукавні лінії стають жорсткими, що ускладнює їх переміщення, розгортання та маневрування з пожежним стволом.

Під час гасіння осередку пожежі на пожежного який працює з стволом діє додаткове навантаження яке тягне його назад, тому щоб утримувати ствол, потрібна статична витривалість м'язів спини, рук та ніг. Таким чином для успішного виконання завдань необхідна висока фізична підготовка, оскільки прокладання рукавних ліній та робота з ручним пожежним стволом є ключовим елементом оперативно-рятувальних робіт.

Під час прокладання пожежних рукавних ліній для зменшення навантаження на групи м'язів спини, рук, ніг та полегшення роботи доцільно пожежникам-рятувальникам використовувати техніку застосування рятувальної стропи, яка зображена на рис.1.

Таким чином за допомогою рятувальної стропи пожежний має можливість переносити вагу рукава на корпус тіла, а не тримати його на плечі або лише в руках, що допоможе знизити навантаження на нього.

Для того щоб належним чином застосувати рятувальну стропу її необхідно протягнути навколо петлі на кінці пожежного рукава на відстані 1 метра від пожежного ствола рис. (1 а), після чого потрібно протягнути рятувальну стропу під пахвою (1 б), потім через плече, зафіксуйте карабін за стропу (1 в), встаньте та поверніться до ствола через ліве плече (1 г).



а



б



в



г

Рисунок 1 – Застосування рятувальної стропи при роботі з рукавною лінією

Отже, можна зробити висновок, що пожежний-рятувальник використовуючи пожежну стропу значною мірою зменшує навантаження на м'язи тіла, так як з рукавною лінією легше працювати під час гасіння пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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 МВС України від 26.04.2018 року № 340.

2. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : наказ ДСНСУ № 375 від 02.04.2024 року.

3. Технічні вимоги бронезилет 6 класу захисту для забезпечення потреб персоналу Державної служби України з надзвичайних ситуацій : наказ ДСНСУ № 257 від 12.03.2024.

4. Технічні вимоги шолом кулезахисний 1 класу захисту для забезпечення потреб персоналу Державної служби України з надзвичайних ситуацій : наказ ДСНСУ № 256 від 12.03.2024.

БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ) У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Кастранець А. М.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Активне впровадження процесів діджиталізації охоплює всі сфери суспільної діяльності, проте рівень її інтеграції в роботу органів державного нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки потребує детального вивчення. Для виявлення актуальних тенденцій, напрямів застосування ІТ-рішень та існуючих наукових прогалин у цій галузі було проведено комплексний бібліометричний аналіз.

Дослідження базується на аналізі масиву з 1400 україномовних та англійськомовних джерел, проіндексованих у базі Google Scholar. Інструментарієм для кластеризації та просторової візуалізації зв'язків між ключовими поняттями виступило програмне забезпечення VOSviewer [1].

За результатами обробки даних сформовано мережу спільної появи (co-occurrence) ключових слів, що складається з 9 тематичних кластерів (75 елементів, 308 зв'язків). Створені кластери чітко виокремлюють два основні макронапрями сучасних досліджень:

Екологічно-технологічний напрям. Охоплює масштабні дослідження екосистем: оцінку ризиків лісових пожеж (червоний кластер), використання геоінформаційних систем і програмних калькуляторів (жовтий кластер), застосування симуляторів динаміки пожеж (фіолетовий кластер) та інтеграцію смартфонів і датчиків мобільних пристроїв (помаранчевий кластер).

Нормативно-наглядний напрям. Сконцентрований на питаннях державного нагляду та аудиту. Включає методологію проведення заходів державного нагляду (контролю) (зелений кластер), оцінку ефективності наглядової діяльності в Україні (блакитний кластер), а також перевірку засобів протипожежного захисту в громадських будівлях (коричневий кластер). Трендами цього напрямку також є перші кроки до впровадження штучного інтелекту в системи протипожежного захисту (синій кластер).



Рисунок 1 – Карта бібліометричного аналізу ключових слів за темою автоматизації державного нагляду (контролю) та оцінки ризиків (на основі даних Google Scholar, VOSviewer)

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ): РОЗРОБКА ТА АПРОБАЦІЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКА «КАЛЬКУЛЯТОР РИЗИКУ»

Кастранець А. М.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

На сьогоднішній день процеси діджиталізації активно трансформують усі сфери суспільної діяльності. Проте у напрямках цифровізації пожежної безпеки спостерігається суттєва прогалина, процеси державного нагляду (контролю) відчують гострий дефіцит прикладних мобільних інструментів та спеціалізованого програмного забезпечення.

Мета дослідження полягає у розробці та практичному впровадженні мобільного додатка для оперативного визначення ступеня ризику від провадження господарської діяльності. Цей інструмент спрямований на оптимізацію витрат часу, мінімізацію впливу людського фактора та підвищення загальної якості робочого процесу посадовими особами органів державного нагляду (зокрема офіцерами-рятувальниками громад).

Основою для створення програмного продукту стала алгоритмізація та трансформація вимог чинного законодавства у чітку математичну модель. Базовим документом виступив [1]. Усі нормативні правила розрахунків, а саме: сумування балів, перевірка взаємовиключних умов та фінальне визначення ступеня ризику були закладені в основу логіки програми.

Для написання програмного коду та розробки користувацького інтерфейсу були використані стандартні вебтехнології. Такий гібридний підхід дозволив зробити калькулятор максимально швидким, оптимізованим та невибагливим до технічних характеристик пристроїв користувачів (як комп'ютерів, так і смартфонів).

З метою трансформації алгоритму у повноцінний нативний мобільний додаток для операційної системи Android було застосовано технологію інкапсуляції за допомогою фреймворку Capacitor [2]. Це дозволило виконати компіляцію кодової бази у звичний формат мобільного застосунку, створивши ізольований інсталяційний пакет (ААВ/АРК).

Головною інженерною перевагою такого технологічного рішення стало забезпечення повністю автономної роботи додатка. Програма виконує всі математичні розрахунки локально на пристрої без необхідності підключення до мережі Інтернет. Ця характеристика є критично важливою для забезпечення безперебійної роботи інспектора під час перевірок у підвальних приміщеннях, екранованих спорудах або на віддалених промислових об'єктах зі слабким покриттям мережі.

Важливим етапом дослідження стала практична перевірка розробленого додатка в умовах, наближених до реальної щоденної роботи офіцера-рятувальника громади. Відповідно до сучасних стандартів розгортання програмного забезпечення та суворих вимог платформи Google Play Console [3], було організовано етап закритого бета-тестування із залученням групи із 19 тестувальників.

Проведення закритого тестування дозволило успішно вирішити два ключові завдання:

1) на практиці підтвердити точність автоматичних обчислень порівняно з традиційним ручним (паперовим) заповненням «Відомості щодо віднесення суб'єкта господарювання до високого, середнього або незначного ступеня ризику»;

2) зібрати масив відгуків для оптимізації користувацького досвіду та покращення ергономіки інтерфейсу.

Після успішного завершення етапу тестування та верифікації результатів, додаток «Калькулятор ризику» було офіційно опубліковано на глобальній платформі Google Play, що зробило його доступним для завантаження та використання цільовою аудиторією.

Визначення ступеня ризику
 Застереження. Цей калькулятор є приватним інструментом і не представляє ДСНС України або будь-які інші державні органи України. Розрахунки базуються на відкритих даних Постанови КМУ №715.
 Переглянути офіційний текст Постанови КМУ від 5 вересня 2018 р. № 715

Новий розрахунок (Очистити)

1. Дані про суб'єкт

Назва об'єкта
 Введіть назву об'єкта

Назва суб'єкта господарювання
 Введіть назву суб'єкта господарювання

Адреса об'єкта
 Введіть адресу

Код ЄДРПОУ
 12345678

ЗАВАНТАЖИТИ ГОТОВУ ВІДОМІСТЬ

2. Критерії (Синя зона)

1. Вид об'єкта
- 3) об'єкти метрополітену
2. Площа об'єкта
- 2) від 300 до 2000 кв. метрів включно
3. Максимальна кількість людей
- 5) періодичне перебування від 100 до 1
4. Умова висота об'єкта
- Оберіть варіант –
5. Небезпечні події (за 5 років)
- 11) небезпечні події відсутні
6. Клас наслідків (будівництво)
- Оберіть варіант –
7. Порушення (за 5 років)
- 1) порушень не виявлено

СУМА **51** СТУПІНЬ **ВИСОКОГО**

ЗАВАНТАЖИТИ ГОТОВУ ВІДОМІСТЬ

Підсумовуючи результати проведеної роботи, можна зробити висновки:

1. З метою автоматизації діяльності офіцера-рятувальника громади розроблено та впроваджено мобільний додаток «Калькулятор ризику», який переводить нормативні алгоритми у зручний цифровий формат;
2. Практична апробація продукту підтвердила його ефективність. Переведення розрахункових операцій у формат автономного мобільного застосунку дозволяє повністю виключити ймовірність помилок через людський фактор та суттєво скоротити час обробки інформації на об'єкті перевірки;
3. Впровадження подібного програмного забезпечення є дієвим кроком до комплексної цифровізації та підвищення ефективності діяльності органів державного нагляду (контролю) України.
4. Перспективним вектором подальшої роботи є розширення функціоналу додатка, зокрема розробка модулів для автоматичної генерації звітності та потенційна інтеграція системи з державними реєстрами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки Державною службою з надзвичайних ситуацій : Постанова Кабінету Міністрів України від 5 вересня 2018 р. № 715.
2. Кросплатформне середовище для створення веб-додатків Capacitor. URL: <https://capacitorjs.com/>
3. Інструментальна платформа для розробників Google Play Console. URL: <https://play.google.com/console/u/0/developers/6018816227808094477/app/4975836905518714495/main-store-listing>
4. Офіційний магазин мобільних додатків для операційної системи Android – Google Play. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fireinspector.calc&pli=1>

ОЦІНЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІВУ НАВАНТАЖЕНИХ СТАЛЕВИХ ПРОВІДІВ

Катунін А. М.¹, к.т.н., с.н.с.,

Роянов О. М.², к.т.н., доцент

¹*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,*

²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

В існуючих умовах російського вторгнення в Україну, коли багато об'єктів та систем виводяться з ладу або знищуються, виникає потреба швидкого відновлення складових об'єктів та систем з мінімальними витратами при дотриманні встановлених протипожежних вимог. Так централізовані системи обігріву та опалення об'єктів замінюються або доповнюються локальними системами, де часто застосовуються проводи зі сталевими струмовідними жилами (сталеві проводи). Тому питання оцінювання нагріву навантажених сталевих проводів актуальне на цей час.

Температура нагріву сталевих проводів визначається як параметрами матеріалу провідника (провідністю, щільністю, теплоємністю, перерізом), так і параметрами ізоляційного матеріалу (густиною, теплоємністю, товщиною шару). Суттєве зростання температури нагріву сталевих проводів з в процесі експлуатації може супроводжуватися: розм'якшенням або розплавленням струмовідної жили; розм'якшенням та загорянням ізоляції проводу та руйнацією контактів та іншими пошкодження електричного обладнання.

Повне оцінювання впливу всіх параметрів як провідника, так і ізоляції проводів на їх нагрів є досить об'ємним та складним завданням, тому в роботі обмежилися дослідженням впливу струму навантаження та перерізу дроту сталевого провідника на температуру нагріву одножильних сталевих проводів.

Граничні значення температури нагріву жил проводів з такими матеріалами ізоляції, як полівінілхлорид, зшитий поліетилен та тиленпропіленова гума визначені у [1], де окремо визначені значення допустимої температури нагріву жил для тривалого нагріву та короткочасного нагріву при перевантаженні.

При цьому значення допустимої температури нагріву жил суттєво розрізняються та складають від 70 °С до 130 °С у залежності від матеріалу ізоляції та режиму роботи електричних мереж.

В [2, 3] викладено методика розрахунку зростання температури провідника у визначені моменти часу експлуатації. Наведена методика дозволяє розраховувати температуру нагріву проводів у визначені моменти часу при різних значеннях струму навантаження. Відповідне оцінювання зроблено для сталевих одножильних проводів з полівінілхлоридною ізоляцією ПНСВ для перерізів струмовідної жили 1,2 мм², 1,5 мм² та 2 мм² для значень струму навантаження $I = 8; 14; 20$ А, які очікувано відповідають умовам як нормальної роботи, так і перевантаження.

Порівняльний аналіз отриманих за методикою, що викладена в [2, 3], часових залежностей температури нагріву провідника навантажених одножильних сталевих проводів виявив наступне:

– температура нагріву навантаженого одножильного сталевого проводу при експлуатації суттєво визначається струмом навантаження та перерізом струмовідної жили;



Рисунок 1 – Одножильний сталевий провід ПНСВ

– виражена тенденція зростання впливу значень перерізу жил з часом та при зростанні струму навантаження на інтенсивність нагріву;

– залежності температури нагріву навантажених одножильних сталевих проводів на ділянці часу 200 с мають приблизно однаковий вигляд, близький до нелінійної залежності;

– з підвищенням значення струму навантаження зростає різниця між температурами нагріву навантажених сталевих проводів із різними перерізами у визначені моменту часу наступним чином: при струмі навантаження 8 А різниця температур нагріву проводів перерізами жил $1,5 \text{ мм}^2$ та 2 мм^2 протягом 50 с відповідала $4,2 \text{ }^\circ\text{C}$, при струмі навантаження 14 А – $11,2 \text{ }^\circ\text{C}$, при струмі навантаження 20 А – $20,1 \text{ }^\circ\text{C}$;

– з часом зростає різниця між температурами нагріву навантажених сталевих проводів із різними перерізами наступним чином: при струмі навантаження 8 А різниця температур нагріву проводів перерізами жил $1,2 \text{ мм}^2$ та 2 мм^2 протягом 50 с відповідала $8,2 \text{ }^\circ\text{C}$, протягом 100 с – $16,0 \text{ }^\circ\text{C}$, протягом 150 с – $22,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таким чином, в роботі отримані результати оцінювання температури нагріву одножильного сталевих проводу з полівінілхлоридною одношаровою ізоляцією ПНСВ. Для цього розраховані, побудовані та проаналізовані залежності температури нагріву одножильних сталевих проводів різних перерізів від часу його роботи при струмах навантаження менших, близьких та більших відносно значень, що визначено діючими правилами.

Отримані результати доцільно використовувати для оцінювання пожежної небезпеки навантажених одножильних проводів зі сталевими жилами та полівінілхлоридною одношаровою ізоляцією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненгерговугілля України, 2017. 617 с.
2. Kulakov, O., Kustov, M., Katunin, A., Roianov, O. (2023). Investigation of the Impact Properties of the Material of the Isolation on the Parameters of the Loaded Cable Lines. Key Engineering Materials. 954. 125–133.
3. Катунін А. М., Кулаков О. В., Рудаков С. В., Панасенко С. В. Оцінка впливу струму навантаження на температуру нагрівання кабельних виробів у процесі експлуатації. International Scientific Journal «Grail of Science». 2023. № 24. С. 210–215.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАЙМАННЯ МЕТАЛІЗОВАНИХ ПРОТЕХНІЧНИХ СКЛАДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Кириченко О. В., д.т.н., професор,

Школяр Є. В., к.псих.н.,

Ніконішин О. В.,

Куценко М. А., к.економ.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Високощільні композиції, що складаються з металевого пального (магнію, алюмінію, цирконію) та фторполімерних зв'язуючих (Ф-3, Ф-4), є базовими компонентами сучасної спеціальної техніки. Вони знаходять широке застосування у виробництві запалювальних засобів, трасуючих елементів, а також як складники твердих ракетних палив та аерокосмічного устаткування. Проте експлуатація таких виробів супроводжується ризиками, пов'язаними із зовнішнім тепловим навантаженням – конвективним нагрівом або аеродинамічним тертям обтікачів. Такі впливи можуть спровокувати неконтрольоване ініціювання сумішей, термічне руйнування корпусів та викид високотемпературних продуктів згоряння, що становить загрозу для персоналу та інфраструктури [1, 2]. Відтак, розробка керованих інструментів для прогнозування температур займання металів у середовищі продуктів термодеструкції піротехнічних складів є критично важливим завданням.

У ході досліджень було встановлено, що процеси ініціювання та подальшого горіння металевих частинок характеризуються стабільністю за умови дотримання певних діапазонів технологічних параметрів (зокрема, коефіцієнта надлишку окиснювача α та дисперсності металу dm) і зовнішніх факторів (атмосферного тиску P). Аналіз отриманих даних виявив чіткі закономірності:

– підвищення показників α та dm призводить до зниження порогу температури займання (T_z) у 1,3–1,6 та 1,4–1,8 раза відповідно;

– зростання тиску середовища P спричиняє зміщення T_z у бік вищих значень (зростання у 1,5–1,7 раза).

На основі експериментальних даних були синтезовані статистичні моделі, які дозволяють із високою точністю (відносна похибка не перевищує 5–7 %) розраховувати температуру займання залежно від вказаних факторів. Ці математичні інструменти дають змогу детально описати динаміку зміни швидкості горіння складів за різних термічних умов, що є ключовим для ідентифікації небезпечних режимів роботи та запобігання аварійному спрацюванню виробів.

Важливим інструментом керування енергетичними властивостями сумішей (зокрема, системи алюміній – нітрат калію) є введення органічних сполук, таких як парафін, стеарин, нафталін та антрацен. Експериментально доведено, що збільшення концентрації цих добавок від 5 % до 20 % дозволяє знизити максимальну температуру згоряння у 1,8–2,1 раза при тисках $10^5 \dots 10^7$ Па. Характерно, що при підвищенні тиску вплив добавок на температурні показники стає більш вираженим, що дозволяє використовувати їх як ефективні флегматизатори у високонапірних системах.

Практична реалізація дослідження полягає у створенні спеціалізованого програмного забезпечення – керованої бази даних температур займання. Цей інструмент значно спрощує процедуру експертної оцінки пожежонебезпеки піротехнічних систем у реальних умовах використання. Завдяки інтеграції розробленої бази у загальні системи моніторингу та прогнозування властивостей виробів досягається новий рівень

експлуатаційної безпеки. Застосування підходів, заснованих на отриманих моделях, гарантує надійне функціонування металізованих систем навіть в екстремальних температурних режимах, мінімізуючи ймовірність їх руйнування та неконтрольованого горіння.

Особливу роль відіграє динаміка кисню: помітна концентрація атомарного (O) та молекулярного (O_2) кисню виникає лише при $\alpha > 0,75$. При цьому підвищення тиску по-різному впливає на склад: для багатих сумішей ($\alpha < 1,4$) зростання P призводить до зменшення вмісту молекулярного кисню, тоді як у діапазоні $\alpha = 1,3-1,5$ спостерігається зворотна тенденція. Вміст атомарного кисню стабільно знижується зі зростанням тиску, досягаючи пікових значень при різних співвідношеннях компонентів залежно від умов навколишнього середовища.

Синтез даних про температури займання та склад продуктів згорання дозволив сформулювати керовану цифрову базу даних. Вона є ключовим елементом систем прогнозування пожежонебезпечних властивостей піротехнічних виробів. Використання отриманих моделей та знань про вплив органічних інгібіторів забезпечує можливість створення стабільних і безпечних металізованих систем, здатних ефективно функціонувати навіть в екстремальних умовах експлуатації, мінімізуючи загрозу термічного руйнування та аварійного спрацювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kozyar, N., Kyrychenko, O., Romaniuk, I., Ballo, Ya., Vaschenko, V., Shkoliar, Ie. (2024). Mathematical modelling of the combustion process of particles of two-component metal alloys in the decomposition products of pyrotechnic mixtures. *Visti Donetskoho hirnychoho instytutu*. 1(54). 50–62. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/21894>
2. Dibrova, O., Kyrychenko, O., Motrichuk, R., Tomenko, M., Melnyk, V. (2020). Fire Safety Improvement of Pyrotechnic Nitrate-Metal Mixtures under External Thermal Conditions. *Technology Audit and Production Reserves*. 1 (1 (51)). 44–49. DOI: 10.15587/2312-8372.2020.199252.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ТОПОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ НЕСУЧОЇ ФЕРМИ З ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИТУ

Кіріченко Д. О., PhD

Одеська державна академія будівництва та архітектури

На сьогоднішній день розвиток інженерних технологій та цифрового проектування сприяє активному впровадженню адитивного виробництва у будівництві. Завдяки адитивним технологіям з'явилася можливість виготовляти конструкції складної геометрії, оптимізувати форму кожного елемента і ефективно використовувати матеріал. Перспективним напрямом є застосування екологічно безпечних біокомпозитів на основі деревних волокон та полілактидної кислоти.

Деревинно-полімерні композити на основі полілактидної кислоти (PLA WPC) містять у собі механічні властивості деревини та полімерів. Основною перевагою таких матеріалів є достатня міцність, стійкість до вологи, еластичність та водночас є біорозкладність у природі. Користування цими матеріалами у технологіях адитивного виробництва дозволяє створювати інженерні конструкції із підвищеною ефективністю матеріалу та зменшеним негативним впливом на навколишнє середовище [1].

Одним із важливих напрямів розвитку адитивного виробництва є виготовлення несучих будівельних конструкцій. Проте застосування деревинно-полімерних композитів для такого роду споруд потребує детального дослідження їх механічних характеристик та розроблення ефективних конструктивних форм. У цьому випадку особливу роль відіграють методи топологічної оптимізації. Вони дозволяють визначити раціональний розподіл матеріалу в конструкції у залежності від прикладених навантажень і граничних умов.

Метою дослідження є структурне проектування та топологічна оптимізація несучої ферми, призначеної для виготовлення методом адитивного виробництва з використанням деревинно-полімерного композиту на основі полілактидної кислоти. Для досягнення мети було побудовано геометричну модель ферми, виконано чисельне моделювання її напружено-деформованого стану методом скінченних елементів, і після проведено топологічну оптимізацію конструкції.

На першому етапі дослідження визначалися механічні характеристики матеріалу на основі експериментальних випробувань на розтяг і згин відповідно до стандартів ISO 527-4:2023 та EN 310:1993. Отримані значення дозволили сформуваати адекватну модель матеріалу для використання в розрахунках методом скінченних елементів.

Чисельне моделювання ферми було виконувалося в програмному комплексі SOFiSTiK [2]. Розрахункова модель складалася з скінченних елементів типу - пластина, що в свою чергу дозволило врахувати геометричні особливості конструкції та розподіл матеріалу. У моделі враховувалася орієнтація шарів адитивного виготовлення, що має значний вплив на механічні характеристики виробів, виготовлених методом 3D-друку. Розрахунок проводився з урахуванням геометричної та матеріальної нелінійності. За результатами чисельного аналізу було отримано розподіл напружень і деформацій у конструкції ферми. Встановлено, що найбільші напруження з'являлися у нижньому поясі ферми та у вузлах, розташованих поблизу місця прикладання навантаження. Завдяки отриманим результатам було визначені найбільш навантажені елементи конструкції та зони можливих концентрацій напружень.

В якості підвищення ефективності конструкції був застосований метод топологічної оптимізації із використанням програмного комплексу ANSYS Discovery (рис. 1) [3]. Метою оптимізації було визначення раціонального розподілу матеріалу в елементах

ферми при заданих навантаженнях і граничних умовах. У процесі оптимізації задавалося обмеження на мінімальну товщину елементів, а також передбачалося зменшення об'єму матеріалу приблизно на 30 %.

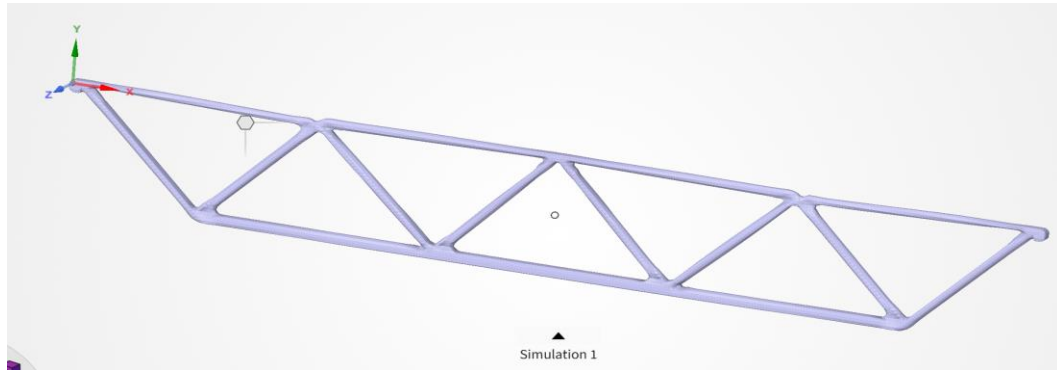


Рисунок 1 – Топологічно-оптимізована модель ферми

Завдяки результатам топологічної оптимізації вдалося визначити раціональну геометрію елементів ферми та оптимальний розподіл матеріалу за конструкцією. На базі отриманих даних було змінено поперечні перерізи конкретних стрижнів ферми: елементи, що зазнали найбільших навантажень, були збільшені, тоді як менш навантажені елементи були зменшені. Такий підхід зміг забезпечити більш рівномірний розподіл напружень у конструкції. Після внесення правок у геометрію стрижнів було виконано повторний чисельний розрахунок вже оптимізованої моделі. Аналіз результатів показав, що максимальні еквівалентні напруження залишилися в допустимих межах для використаного композитного матеріалу. Але при цьому розподіл деформацій у конструкції став більш рівномірним, а локальні концентрації напружень зменшилися.

Отримані результати підтверджують ефективність використання способу топологічної оптимізації для проектування конструкцій, призначених для виготовлення методом адитивного виробництва. Поєднання адитивних технологій із чисельними методами оптимізації дозволяє створювати легкі, але міцні та матеріало-економічні конструкції зі складною геометрією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chystiakov, A., Ziada, O. A., Ahmed, S. A. et al. (2025). Experimental Investigation of 3D-Printed Structures from Wood-Based Polymer Composites, 17 November 2025, PREPRINT (Version 1) available at Research Square. DOI: 10.21203/rs.3.rs-7997275/v1.
2. Kirichenko D., Yesvandzhyia V., Finite element analysis of damaged beams reinforced with fiber concrete, 2024, Mechanics And Mathematical Methods. 6. 124–133. DOI: 10.31650/2618-0650-2024-6-1-124-133.
3. Lazareva, D. V., Soroka, M. M., Shilyaev, O. S., Surianinov, M. G. (2020). Прийоми роботи з ПК ANSYS при озв'язанні задач механіки. [Methods of working with ANSYS software when solving mechanical problems]. Odessa: ODABA 431 p. [in Ukrainian].

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОГНЕГАСНОГО АЕРОЗОЛЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ОСАДЖЕННЯ ПИЛУ

Коваленко О. С.,

Антошкін О. А., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

В роботі [1] було проведено серію експериментів по дослідженню методів осадження вогнегасного аерозолі [2]. В якості інструментарію для проведення процедури осадження було запропоновано використання електростатичного фільтра. Результати досліджень продемонстрували ефективність такого підходу. В зв'язку з цим стає питання про можливість використання вогнегасного аерозолі для імітування запилення повітря і ефективність застосування електростатичних фільтрів для очищення повітря від пилу різної дисперсності.

Концентрація вогнегасного аерозолі в [1] визначалась оптичним методом з використанням пари випромінювач-приймач інфрачервоного випромінювання. Відповідно до закону Ламберта-Бера, який описує залежність між інтенсивністю світла, яке проходить через речовину, та концентрацією цієї речовини в розчині, а також товщиною шару, через який проходить світло

$$\phi = \phi_0 \cdot e^{-k c_a l}, \quad (1)$$

де: $\phi_0 = 420 \text{ mV}$ – еквівалент інтенсивності світлового потоку випромінювача в прозорому середовищі;

ϕ – еквівалент інтенсивності світлового потоку випромінювача в запиленому середовищі, mV;

k – коефіцієнт, що враховує оптичні властивості газоповітряного середовища;

c_a – концентрація зважених часток;

l – відстань між випромінювачем та приймачем.

Початкову концентрацію вогнегасного аерозолі можна розрахувати за формулою:

$$c_{a_0} = \frac{\beta_0 M_a}{V_0}, \quad (2)$$

де: M_a – початкова маса аерозолеутворюючої суміші, мг;

$\beta_0 = 0.7$ – частка маси аерозолеутворюючої суміші, що йде генерацію газів;

V_0 – об'єм середовища, яке очищується, м³.

З сумісного розв'язання рівнянь 1 і 2 маємо:

$$c_a = \frac{c_{a_0} \cdot \ln\left(\frac{\phi_0}{\phi}\right)}{\ln\left(\frac{\phi_0}{\phi_{a_0}}\right)} \quad (3)$$

Але при розгляді вогнегасного аерозолю як імітатора пилу, стає питання достовірності результатів такого заміщення.

Вогнегасний аерозоль це дисперсна система, що складається з дрібнодисперсних твердих частинок солей лужних металів та газоподібної фази, яка утворюється в результаті згоряння аерозолеутворюючої суміші. Розмір часток вогнегасного аерозолю знаходиться приблизно в діапазоні 0,1–10 мкм. За своїм розміром частки вогнегасного аерозолю є близьким до розміру дрібнодисперсного атмосферного пилу та продуктів горіння. А саме вони найскладніше піддаються осадженню.

Важливою умовою проведення експериментів є стандартизація експериментального середовища. Це означає однаковість параметрів температури, вологості, тиску, освітлення, складу середовища, характеристик обладнання та методик вимірювання. Будь-яке неконтрольоване відхилення може призвести до похибок або спотворення результатів. Що стосується однаковості складу середовища, то використання саме вогнегасного аерозолю як імітатора пилу, дає можливість повторити дослід за однакових початкових параметрів і отримати подібний результат у межах статистично допустимих відхилень. Багатократність проведення експерименту дозволяє зменшити вплив випадкових факторів і забезпечує статистичну достовірність результатів. Чим більше повторів, тим надійніше можна оцінити середнє значення показників, варіацію та довірчі інтервали. У сучасній науці відтворюваність є одним із ключових критеріїв наукової достовірності, адже результат, який не можна повторити за тих самих умов, не може вважатися надійно підтвердженим.

Отже, підбиваючи підсумки, можна стверджувати, що використання вогнегасного аерозолю як імітатора дрібнодисперсного пилу для дослідження ефективності методів осадження пилу є доцільним, а результати таких експериментів будуть достовірними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антошкін О. А., Литвяк О. М., Маляров М. В. Експериментальне дослідження характеристик установки по осадженню вогнегасного аерозолю. Проблеми пожежної безпеки. 2020. Х. : НУЦЗУ. № 48. С. 16–22
URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/11834/1/Статья%20Антошкин%20осень%202020.pdf>
2. Дерев'яно 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>
3. Антошкін О. А. Вдосконалення електростатичних фільтрів як інструменту для зменшення ймовірності вибуху. Надзвичайні ситуації: безпека та захист : матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси : ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С. 80.
URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/22253>

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТА НЕБЕЗПЕКА ПОЖЕЖ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Ковалишин В. В., д.т.н., професор,

Марич В. М., к.т.н., доцент,

Лозинський Р. Я., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У сучасних умовах стрімкого розвитку електронних технологій та електротранспорту літій-іонні акумулятори стали одним із найпоширеніших джерел накопичення електричної енергії. Вони широко використовуються у портативній електроніці, електромобілях, безпілотних літальних апаратах, системах резервного живлення та промислового обладнанні. Популярність таких акумуляторів зумовлена їх високою енергетичною щільністю, тривалим терміном служби та відносно невеликою масою [1].

Разом із численними перевагами використання літій-іонних акумуляторів супроводжується певними ризиками, серед яких особливу небезпеку становить можливість виникнення пожеж. Пошкодження акумуляторних елементів, перевищення допустимих температурних режимів, механічні деформації або короткі замикання можуть призводити до виникнення аварійних процесів, що супроводжуються займанням або навіть вибухом.

Пожежі літій-іонних акумуляторів характеризуються складними фізико-хімічними процесами, інтенсивним тепловиділенням та утворенням токсичних продуктів горіння. Це створює додаткові труднощі під час ліквідації пожеж та підвищує небезпеку для людей і навколишнього середовища.

Дослідження ефективності гасіння легких металів різними вогнегасними речовинами представлено у роботах [2–6]. У даних працях авторами розроблено рецептура вогнегасних порошоків для гасіння пожеж класу D, A, B, проведено успішне гасіння вогнищ пожеж класу D і B.

Метою роботи є дослідження особливостей розвитку пожеж літій-іонних акумуляторів, визначення основних факторів небезпеки та аналіз умов, що сприяють виникненню таких пожеж.

Літій-іонні акумулятори складаються з великої кількості електрохімічних елементів, кожен з яких містить анод, катод, електроліт та сепаратор. У нормальних умовах експлуатації ці компоненти забезпечують стабільну роботу батареї. Однак у разі порушення режимів роботи можуть виникати небезпечні процеси, які призводять до розвитку пожежі.

Прикладом таких пожеж є пожежа у Львові 4 серпня 2025 р в готелі «Власта» виникла пожежа на 6 поверсі.

Під час пожежі усіх мешканців і працівників евакуювали. Госпіталізовано шестеро осіб, один чоловік отримав сильні опіки. Після локалізації пожежі виявлено залишки літій-іонної батареї, з електросамоката. Причина пожежі, вибух літій-іонної батареї електросамокату під час зарядки його в номері готелю [7].

Однією з головних причин займання літій-іонних акумуляторів є явище теплового розгону. Цей процес виникає внаслідок різкого підвищення температури всередині елемента, що призводить до прискорення хімічних реакцій та подальшого зростання температури. У результаті відбувається руйнування внутрішніх компонентів батареї, виділення горючих газів та займання.

Тепловий розгін може бути спричинений різними факторами. До них належать механічні пошкодження акумулятора, перезаряджання, коротке замикання, вплив високих температур або виробничі дефекти. У випадку батарейних модулів, що складаються з багатьох елементів, тепловий розгін може поширюватися від одного елемента до інших, що призводить до ланцюгової реакції та значного збільшення масштабів пожежі [8].

Під час горіння літій-іонних акумуляторів виділяється значна кількість тепла, а температура в осередку пожежі може перевищувати 1000 °С. Одночасно відбувається викид різних горючих та токсичних газів, серед яких водень, метан, етилен, а також сполуки фтору. Наявність таких речовин створює додаткову небезпеку для людей, оскільки їх вдихання може спричинити серйозні отруєння [9].

Ще однією особливістю пожеж літій-іонних акумуляторів є можливість повторного займання. Навіть після ліквідації відкритого полум'я всередині батарейного модуля можуть зберігатися осередки високої температури, які з часом здатні спричинити повторний розвиток горіння. Саме тому після гасіння таких пожеж необхідно здійснювати тривалий контроль температури акумуляторів.

Особливо складними є пожежі акумуляторних батарей великої ємності, які використовуються в електромобілях або системах накопичення енергії. У таких випадках значна кількість акумуляторних елементів розміщується у компактному просторі, що сприяє швидкому поширенню теплового розгону. Крім того, під час пожежі можуть пошкоджуватися електричні системи високої напруги, що створює додаткову небезпеку ураження електричним струмом.

З огляду на зазначені фактори особливої важливості набуває розроблення ефективних заходів запобігання виникненню пожеж літій-іонних акумуляторів. До таких заходів належать використання систем контролю температури, застосування систем управління батареями, що контролюють процес заряджання та розряджання, а також удосконалення конструкції акумуляторних елементів.

Пожежі літій-іонних акумуляторів становлять серйозну техногенну небезпеку, що зумовлена особливостями їхньої конструкції та протіканням складних фізико-хімічних процесів під час аварійних режимів роботи. Основним механізмом розвитку таких пожеж є тепловий розгін, який супроводжується інтенсивним виділенням тепла та горючих газів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Goodenough, J. B., Park, K. S. (2013). The Li-ion rechargeable battery: A perspective. *Journal of the American Chemical Society*. 135. 4. 1167–1176.
2. Kovalyshyn, V., Marych, V., Veselivskyi, R., Kovalyshyn, V., Lozynskyi, R. (2024). Обґрунтування технології гасіння комбінованих пожеж за наявності легких металів чи фосфорних сполук. *Пожежна безпека*. № 44. С. 30–40.
3. Ковалишин В., Марич В., Веселівський Р., Ковалишин В., Чернецький В. Оптимізація рецептури вогнегасного порошку спеціального призначення для комбінованого гасіння пожеж класу А, В та D. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № (2(16)). С. 123–134. DOI: 10.33269/nvcz.2023.2(16).123-134.
4. Kovalyshyn, V., Marych, V., Kyryliv, Y., Koshelenko, V., Mirus, O. Дослідження хімічних речовин, як складників вогнегасних порошків для гасіння легких металів. *Пожежна безпека*. 2018. № 29. С. 46–56.
5. Husar, B., Kovalyshyn, V., Marych, V., Lozynskyi, R., Pastukhov, P. Комбіноване гасіння пожеж класу D та А, В. *Пожежна безпека*. 2019. № 35. С. 30–34.
6. Ковалишин В. В., Гусар Б. М., Ковалишин В. В., Марич В. М. Вогнегасний порошок спеціального призначення для комбінованого гасіння пожеж класу D, А, В. Патент на корисну модель 145068 Україна: МПК (2020.01), A62D 1/00 № u 2019 11577; заявл. 02.12.2019; опубл. 25.11.2020. Бюл. № 22. 3 с.
7. У Львові сталася пожежа в готелі «Власта». URL: <https://city-adm.lviv.ua/news/society/emergency/u-lvovi-stalasia-pozhezha-v-hoteli-vlasta-onovleno/>
8. Wang, Q., Ping, P., Zhao, X., Chu, G., Sun, J., Chen, C. (2012). Thermal runaway caused fire and explosion of lithium-ion battery. *Journal of Power Sources*. 208. 210–224.
9. Ковалишин В. В., Лавренюк О. В., Сичевський М. П. Особливості розвитку пожеж у системах накопичення електричної енергії. *Пожежна безпека*. 2021. № 38. С. 87–94.

АНАЛІЗ РОЗРАХУНКОВИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ СТАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Ковальов А. І., д.т.н., с.н.с.,

Дражніков Д. С.,

Коломієць Д. Г.

Національний університет цивільного захисту України

В умовах дії в Україні правового режиму воєнного стану, коли можливості проведення дороговартісних повномасштабних випробувань на вогнестійкість суттєво обмежені через безпекові, організаційні та фінансові чинники, розрахункові методи оцінювання вогнестійкості набувають особливої актуальності. У таких умовах саме вони стають одним із найбільш доступних і практичних інструментів для інженерів-проектувальників, дозволяючи здійснювати попередню оцінку поведінки конструкцій під впливом пожежі, прогнозувати зміну їх несучої здатності та обґрунтувати вибір ефективних рішень щодо забезпечення нормовано рівня межі вогнестійкості. Це критично важливо для забезпечення безперервності процесів проектування та відновлення об'єктів цивільної та соціальної інфраструктури. Актуальність дослідження визначається необхідністю аналізу похибок та області застосування існуючих спрощених та більш детальних розрахункових методів (зокрема, відповідно до положень [1] та [2]). Метою роботи є проведення критичного порівняння різних розрахункових підходів, оцінка їхньої консервативності та точності при прогнозуванні поведінки сталевих конструкцій під впливом пожежі, а також розробка практичних рекомендацій для інженерів щодо вибору найбільш ефективного розрахункового методу в умовах скорочених термінів проектування під час дії в країні правового режиму воєнного стану.

Розрахункові методи використовуються переважно на етапі проектування або у випадках, коли експериментальні випробування провести неможливо. Суть методу полягає у визначенні температури сталеві конструкції під впливом номінального температурного режиму пожежі, а також у розрахунку втрати її міцності та жорсткості при підвищених температурах. Розрахунок проводиться на основі співвідношення площі поверхні конструкції, що нагрівається, до об'єму елемента (показник A/V), після чого визначається зміна механічних властивостей сталі залежно від температури. Перевірка несучої здатності здійснюється відповідно до вимог [1] та національних нормативів [2]. Перевагою методу є його економічність і можливість швидкого застосування, проте результати мають наближений характер і залежать від точності задавання вхідних параметрів.

У [3] запропоновано «уніфікований метод» розрахунку межі вогнестійкості сталевих трубчастих колон, заповнених бетоном, на основі середньої температури перерізу. Автори досліджували еквівалентну міцність та модуль пружності сталі й бетону при підвищених температурах, після чого застосовували існуючі формули для кімнатної температури з використанням цих еквівалентних значень. Методика перевірена на експериментальних даних для різних форм перерізів (круглі, квадратні, суцільні й порожнисті). Такий підхід дає науково обґрунтований підхід до виконання розрахунків вогнестійкості без проведення повномасштабних випробувань.

Дослідниками [4] розглянуто аналітичні рівняння для розрахунку температурного поля у сталевих профілях, що зазнали впливу пожежі з різних сторін, із використанням постійної температури та спрощених формул згідно з [1]. В результаті проведеного порівняння встановлено, що запропонований аналітичний підхід дає похибку до 8 %.

В [5] проводиться розрахунок температури сталевих елементів, ізольованих вогнезахисним покриттям, за допомогою аналітичних формул, що враховують поведінку таких конструкцій при впливі стандартного температурного режиму пожежі. В результаті надано теоретичний вивід аналітичних рівнянь, порівняння з FEM-результатами і підтверджено придатність формул для практичного використання.

У [6] запропоновано вдосконалення методики оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій, враховуючи вплив реальних температурних режимів пожежі та коефіцієнтів навантаження/зношення. Побудовано номограми для визначення меж вогнестійкості конструкцій у залежності від пожежного навантаження. Це дослідження показує тенденцію до перехідного етапу: від класичних аналітичних розрахунків до врахування більш реалістичних умов пожежі.

Проведений аналіз розрахункових методів оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій показав, що питання визначення їхньої роботи в умовах пожежі є важливим для забезпечення надійності та безпеки будівель і споруд. Застосування різних підходів до розрахунку дозволяє оцінити зміну фізико-механічних характеристик сталі при підвищених температурах і визначити час збереження несучої здатності конструкцій.

Таким чином, для підвищення достовірності оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій доцільним є комплексне використання різних розрахункових підходів. Подальші дослідження в цьому напрямі можуть бути спрямовані на уточнення існуючих методик та вдосконалення підходів до прогнозування поведінки сталевих конструкцій в умовах пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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). [Чинний від 2013-07-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 98 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. Проектування сталевих конструкцій. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. [Чинний від 2017-06-01]. Київ : Мінрегіон України, 2016. 111 с.
3. Yu, M., Zha, X., Ye, J., Wang, B. (2014). A unified method for calculating fire resistance of solid and hollow concrete-filled steel tube columns based on average temperature. *Engineering Structures*. 71. 12–22.
4. Oliveira, P. N., Fonseca, E. M., Campilho, R. D., Piloto, P. A. (2021). Analytical equations applied to the study of steel profiles under fire according to different nominal temperature-time curves. *Mathematical and Computational Applications*. 26(2). 48.
5. Li, G. Q., Zhang, C. (2010). Thermal response to fire of uniformly insulated steel members: Background and verification of the formulation recommended by Chinese code CECS200. *Advanced Steel Construction*. 6(2). 788–802.
6. Shnal, T., Pozdieiev, S., Nuianzin, O., Sidnei, S. (2020, September). Improvement of the assessment method for fire resistance of steel structures in the temperature regime of fire under realistic conditions. In *Materials Science Forum* (Vol. 1006, pp. 107-116). Trans Tech Publications Ltd.

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ У ТУНЕЛЬНИХ СИСТЕМАХ ГІРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Кордіяка І. М.,

Карабин В. В., д.т.н., професор

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Будівництво та експлуатація тунельних систем є оптимальним методом подолання складних і небезпечних гірських рельєфів під час розвитку транспортної інфраструктури. Однак цей процес супроводжується неперервним розкриттям нових геологічних особливостей та втручанням у напружено-деформований стан порід. В умовах складчастих гірських споруд суттєво зростає ризик виникнення надзвичайних ситуацій, оскільки в умовах перенапруження слабкі та тріщинуваті масиви мають підвищений ризик обвалів, вивалів блоків [1, 2]. Тому мінімізація цих загроз є першочерговим завданням у сфері запобігання надзвичайним ситуаціям.

Для оцінки якості гірських порід та вибору відповідного кріплення інженери традиційно використовують такі кількісні методи класифікації, як RMR (Rock Mass Rating) або Q-система. Незважаючи на їхню поширеність, зі збільшенням кількості наддовгих тунелів ці конвенційні методи виявляються недостатньо оперативними для адекватної оцінки стану гірського масиву в режимі реального часу. Швидке та точне вимірювання структурних характеристик масиву безпосередньо у вибої є складним завданням, що часто призводить до запізненого реагування на зміну гірничо-геологічних умов під час екскавації.

Мета дослідження. Вирішення зазначеної проблеми полягає у розробці комплексної системи прогнозування, яка здатна нівелювати недоліки традиційних підходів. Метою даного дослідження є інтеграція попереднього математичного моделювання ризиків з інструментами оперативного моніторингу на основі алгоритмів машинного навчання. Такий керований даними підхід дозволить об'єктивно прогнозувати якість навколишнього гірського масиву в динаміці та своєчасно коригувати параметри проходки й кріплення тунелю, ефективно запобігаючи виникненню надзвичайних ситуацій.

Для попередньої оцінки ймовірності руйнування контуру тунелю доцільно використовувати статистичне імітаційне моделювання, зокрема метод Монте-Карло. Цей підхід дозволяє будувати логіко-математичні моделі, в яких детерміновані значення фізико-механічних властивостей гірського масиву замінюються випадковими величинами із відомими законами розподілу, що дає змогу оцінити реальну надійність споруди. Моделювання дозволяє встановити, що ймовірність руйнування контуру виробки стрімко зростає при збільшенні глибини залягання тунелю. Важливим фактором також є зміна вологості оточуючого масиву, збільшення якої здатне додатково підвищити ймовірність руйнування до 35–47 % у слабких породах [3].

Для аналізу складного взаємовпливу існуючих та нових підземних споруд (наприклад, глибоких котлованів поруч із діючими тунелями) ефективним є застосування 2D скінченно-елементного аналізу за допомогою програмного комплексу Plaxis 2D. Оскільки виїмка ґрунту викликає зняття напружень (розвантаження масиву), що призводить до раптових переміщень, використання базових лінійно-пружних ідеально-пластичних моделей (таких як модель Мора-Кулона) є недостатнім через їхню схильність недооцінювати деформації. Застосування прогресивних моделей ґрунту, зокрема

Hardening Soil with Small Strain Stiffness (HSS), яка враховує зміну жорсткості масиву при дуже малих деформаціях, дозволяє найбільш точно прогнозувати критичні осідання земної поверхні або підняття зворотного склепіння тунелю внаслідок розвантаження [4].

Руйнування гірської породи в умовах складного істинного тривісного напруженого стану є явищем нестабільності, що керується енергією. З механічної точки зору, процес деформації та руйнування породи розглядається як прогресуючий перехід від локальних пошкоджень до повного руйнування, що на кожному етапі супроводжується введенням, накопиченням та розсіюванням енергії. Під час експлуатації тунелів порода зазнає постійного циклічного навантаження та розвантаження, внаслідок чого енергія витрачається на розкриття нових та поширення існуючих мікротріщин. Коли напруження досягає пікової міцності породи, відбувається раптове і стрімке вивільнення накопиченої пружної енергії деформації, що супроводжується різким стрибком акустичної емісії та миттєвою втратою несучої здатності масиву. Таким чином, застосування законів термодинаміки та критерію лінійного накопичення енергії дозволяє математично обґрунтувати та прогнозувати критичний момент переходу масиву від стадії накопичення прихованих мікропошкоджень до раптового макроруйнування [5, 6].

ЛІТЕРАТУРА

1. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Kovalchuk, V., Rogulia, A., Yemelyanenko, S. (2022). Geophysical research in the pre-Carpathian hydrosphere situation for the environmental civil protection purposes. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 44(4). 171–182. DOI: 10.24028/gj.v44i4.264847.
2. Shainoha, I., Karabyn, V. (2021). Peculiarities of Stratigraphic Distribution and Paleoecology of Jurassic Bivalve Mollusks of the Pre-Carpathian Foredeep. *Journ. Geol. Geograph. Geology*. 30(4). 718–728. DOI: 10.15421/112166.
3. Vladko, O., Kononenko, M., Khomenko, O. (2012). Imitating modeling stability of mine workings. London: Taylor & Francis Group. 147–150. DOI: 10.1201/b13157-26.
4. Ibrahim, A. K. M., Senoon, A. A., Kenawi, M. A. et al. (2022). Integrated Assessment for the Deformation of Ground Surface and Tunnel Invert Induced Deep Excavation. *Engineering Letters*. 30(4). 4–49.
5. Zhang, Q., Meng, X., Zhao, G. (2024). Energy Evolution and Fractal Characteristics of Sandstones Under True Triaxial Cyclic Loading and Unloading. *Fractal and Fractional*. 8(12). 714. DOI: 10.3390/fractalfract8120714.
6. Starodub, Y., Karpenko, V., Karabyn, V., Shuryhin, V. (2020). Mathematical Modeling of the Earth Heat Processes for the Purposes of Eco-technology and Civil Safety. *Proc. IEEE CSIT 2020. Zbarazh-Lviv, Ukraine*. 146–149.

ОГЛЯД НОВИХ ВИМОГ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ТЕХНІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

*Кравченко Р. І., к.т.н., ст. дослідник,
Белікова К. Г., д-р. держ. упр., професор, с.н.с.,
Бедратю О. І.,
Хроменков Д. Г.*

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

У рамках адаптації законодавства України у сфері технічного регулювання до законодавства ЄС на основі Регламенту (ЄС) № 305/2011 [1] розроблено та прийнято технічний регламент будівельної продукції [2]. Цей технічний регламент охоплює 36 категорій будівельної продукції [3]. Для оцінки відповідності будівельної продукції застосовують 5 систем оцінки та перевірки (верифікації) стабільності показників будівельної продукції [4]. Процедури оцінки та перевірки стабільності показників будівельної продукції конкретизують у регламентних технічних специфікаціях. Регламентними технічними специфікаціями є національні стандарти для цілей застосування технічного регламенту будівельної продукції, ідентичні відповідним гармонізованим європейським стандартам, європейським документам та національним документам України з визначення прийнятності. Такими специфікаціями також вважають національні стандарти, розроблені згідно з [5]. За результатами оцінки та перевірки стабільності показників виробником для введення в обіг виготовленої ним будівельної продукції видається декларація показників, пов'язаних із суттєвими експлуатаційними характеристиками, зокрема пожежними [6], щодо основних вимог до будівель і споруд [7].

Суттєвим недоліком технічних регламентів [1] і [2] є те, що вони не зобов'язують обов'язкове виконання вимог до будівельної продукції, не пов'язаних з її показниками. Тому для розв'язання цієї та інших проблем розроблено нову редакцію європейського технічного регламенту будівельної продукції – Регламент (ЄС) 2024/3110 [8]. Обидва регламенти [1] і [8] діятимуть одночасно до 2040 року.

Новими положеннями будівельну продукцію класифіковано ієрархічно за групами (всього 36), категоріями та типами. Сьому основну вимогу до будівель і споруд визначено восьмою. Сьомою основною вимогою стала вимога щодо викидів у зовнішнє навколишнє середовище з будівельних споруд, яку виокремлено з третьої основної вимоги, яка стала стосуватися лише захисту від негативного впливу на гігієну та здоров'я.

Для визначення екологічних показників встановлено нову систему оцінювання та верифікації показників «3+», у реалізації якої братимуть участь призначені органи з верифікації та валідації. У реалізації системи «3» братимуть участь призначені органи з сертифікації продукції та акредитовані випробувальні лабораторії. Суттєвими характеристиками горизонтального характеру, з якими пов'язано показники будівельної продукції, визначено: реакцію на вогонь, вогнестійкість, стійкість до зовнішнього вогневого впливу, шумопоглинання, вивільнення або викид небезпечних речовин та їхній вміст, екологічну сталість.

Також встановлено перелік суттєвих екологічних характеристик, що визначають заздалегідь, до яких, зокрема, віднесено канцерогенну та неканцерогенну токсичність для людей. Водночас не визначено перелік такої суттєвої пожежної характеристики, як реакція на вогонь. Вона охоплює такі суттєві характеристики, як горючість (займистість), поширення полум'я, тепловиділення (під час горіння), димоутворення (непрозорість

диму), токсичність летких продуктів горіння (диму), корозійність летких продуктів горіння (диму).

Крім вимог щодо декларування показників суттєвих характеристик, новим європейським технічним регламентом [8] встановлено додаткове декларування відповідності будівельної продукції «вимогам до продукції». Такі вимоги можуть містити: вимоги до продукції, що забезпечують її належну функціональність та показники, вимоги щодо безпечності продукції, вимоги щодо екологічності продукції. Їх встановлюють у делегованих актах Європейської Комісії щодо вимог до групи або категорій продукції та конкретизують у добровільних гармонізованих європейських стандартах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/305/2024-11-17> (дата звернення: 20.02.2026).

2. Про надання будівельної продукції на ринку : Закон України від 02.09.2020 № 850-IX. Дата оновлення: 15.11.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20#Text> (дата звернення: 20.02.2026).

3. Про затвердження переліку категорій будівельної продукції : Постанова Кабінету Міністрів України від 28.04.2021 р. № 426. Дата оновлення: 19.09.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/426-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.02.2026).

4. Про затвердження систем оцінки та перевірки стабільності показників будівельної продукції : Постанова Кабінету Міністрів України від 09.06.2021 р. № 596. Дата оновлення: 01.02.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/596-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.02.2026).

5. Про затвердження Порядку застосування національних стандартів для будівельної продукції, що надається на ринку та не охоплюється або не повністю охоплюється національними стандартами для цілей застосування Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» : Постанова Кабінету Міністрів України від 02.12.2022 р. № 1348. Дата оновлення: 13.03.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1348-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.02.2026).

6. Деякі питання надання будівельної продукції на ринку : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2021 р. № 1458. Дата оновлення: 13.03.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1458-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 20.02.2026).

7. Про будівельні норми : Закон України від 05.11.2009 р. № 1704-VI. Дата оновлення: 09.06.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17#Text> (дата звернення: 20.02.2026).

8. Regulation (EU) 2024/ 110 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj> (дата звернення: 20.02.2026).

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ НА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Кривошей Б. І., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Транспортні засоби є джерелом підвищеної небезпеки. Пожежна небезпека транспортних засобів пов'язана з наявністю великої кількості горючих речовин. Найбільшу небезпеку представляють легкозаймисті та горючі рідини, а це – паливо-мастильні, охолоджувальні і гальмівні рідини, які на початковому етапі підтримують горіння. Пожежі в транспортних засобах виникають за певних умов – у разі взаємодії горючої речовини та джерела запалювання, які виникають як позарегламентний процес.

Згідно із статистичними даними, близько 20 % від усієї кількості пожеж на транспортних засобах припадає на необережне поводження з вогнем, 25 % припадає на підпал, 40 % пожеж пов'язані з неполадками та аварійними режимами бортових електромереж, 15 % – інші причини [1].

На сьогоднішній час людство не може обійтися без транспортних засобів, тому необхідно особливу увагу приділяти запобіганню виникнення пожеж, а для цього потрібно дослідити причини, що їх зумовлюють, і мінімізувати їхні наслідки.

Причина пожежі – це обставина, дія, процес, що безпосередньо спричиняє виникнення пожежі. Серед них слід зазначити: невиконання правил пожежної безпеки, технічні неполадки, неправильна експлуатація, конструктивні несправності, умисні підпали.

Пожежі на транспортних засобах виникають і швидко поширюються через конструктивно-технологічні особливості, наявність легкозаймистих та горючих рідин (пально-мастильних, охолоджувальних і гальмівних) і комплектування (штучної шкіри, пластмас, поролону, синтетичних речовин, тканин тощо), неякісний або неповний контроль за технічним станом, неправильні умови експлуатації, тривалий термін експлуатації.

В автомобілях вузли й системи конструктивно суміщені, і їхні аварійні режими здатні спричинити пожежу. У сучасних транспортних засобах більш потужні й технологічно складні розгалужені електричні мережі, системи живлення. Розвинені паливні магістралі, нагрівання вузлів двигуна та його систем можуть призвести до надзвичайно високого теплового випромінювання, а за певного критичного значення там може виникнути пожежа.

Пожежна небезпека відсіків транспортного засобу залежить від наявності в них пожежонебезпечних речовин і потенційних джерел запалювання. Окисник, як відомо, присутній постійно, що загалом задовольняє концепції утворення процесу горіння.

Отже, чинниками пожежонебезпеки відсіків транспортного засобу загалом можна вважати:

- використання горючих речовин і матеріалів;
- утворення у відсіку, усередині систем і пристроїв пожежонебезпечного середовища;
- появу в пожежонебезпечному середовищі джерела запалювання;
- виникнення умов, сприятливих для розвитку горіння та поширення пожежі.

В нормальних режимах роботи автотранспортних засобів, коли температури двигуна і інших теплових вузлів і агрегатів знаходяться в межах температур, передбачених умовами експлуатації, найбільш небезпечним з погляду можливості перегрівання і виникнення аварійних режимів в електрообладнанні є моторний відсік і

місця з підвищеними температурами та можливістю зіткнення елементів електрообладнання з агресивними середовищами, в першу чергу, з паливом та мастилами.

Найбільш типові теплові стани електрообладнання автотранспортних засобів з точки зору пожежонебезпечних режимів це коротке замикання, струмове перевантаження, великий (підвищений) перехідний опір [2].

Коротке замикання виникає в результаті зменшення опору, що може бути викликане виникненням нового електричного кола, яке утворилося внаслідок замикання при руйнуванні ізоляції проводу, електричного пробоя через провуглену ізоляцію.

Основною причиною струмових перевантажень є використання нештатних, що перевищують допустимі за потужністю, споживачів електроенергії, використання нестандартних плавких вставок електрозапобіжників або інших апаратів захисту, також використання додаткових електричних споживачів, не передбачених заводом виробником автотранспортного засобу, неграмотне їх підключення до електромережі автомобіля.

Великий перехідний опір (режим «поганого контакту») виникає при ослабленні кріплення контактів, появі нещільностей в місцях контактів через дію агресивних середовищ (електроліту, води) і утворення окисних плівок на контактуючих поверхнях.

Отже пожежна безпека автомобіля забезпечується системою запобігання пожежі як в нормальних умовах роботи, так і в аварійних. Найбільш ефективними заходами є конструктивні, які спрямовані на запобігання виникненню умов, за яких може виникнути пожежа. До таких умов можна віднести: виникнення горючого середовища, джерела запалення і підтримання температури робочого середовища меншої від допустимої за горючістю. Запобігання утворенню горючого середовища забезпечується конструктивним виконання системи живлення, яка б виключала розгерметизацію внаслідок механічних пошкоджень, максимально можливим використанням негорючих, або важкогорючих конструктивних і оздоблювальних матеріалів, автоматичним перекриттям системи живлення при виникненні аварійної ситуації.

Запобігання утворенню джерел запалення забезпечується виключенням накопичення статичної електрики, виконання електромережі, яка знаходиться в моторному відсіку, з температуростійкою ізоляцією. Підтримання температури робочого середовища меншою від допустимої забезпечується безпечними відстанями між випромінювальною поверхнею та горючими матеріалами, використанням теплоізолюючих екранів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пугачов А. С., Супрун В. Л., Гусейнов Р. Н. Особливості виникнення та дослідження пожеж у сучасних транспортних засобах. Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. 2025. Вип. 1 (38). С. 217–241.

2. Гаврилук А. Ф. Пожежна небезпека колісних транспортних засобів : монографія. Львів, 2018. 80 с.

АДАПТИВНИЙ ПІДХІД ДО БЛЕКАУТУ: ПРИРОДНА ЧАСТИНА ЖИТТЄВИХ ТА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Кузнецова В. А.

Миколаївський національний аграрний університет

Раптове занурення суспільства у темряву демонструє вразливість сучасної цивілізації, зумовлену високим рівнем технологічної залежності. Припинення роботи електронних пристроїв та гальмування звичного ритму життєдіяльності засвідчують, що блекаут є не лише технічним явищем, а й індикатором потенційних соціальних та психологічних ризиків. Водночас такі екстремальні умови створюють підґрунтя для критичного переосмислення повсякденних практик та поведінкових моделей. У контексті сучасної реальності, позначеної високим рівнем стресогенності та динамічністю громадських процесів, виникає об'єктивна потреба у підвищенні адаптивності та формуванні гнучких стратегій реагування.

Для гарантованої підтримки неперервності виробничих процесів та збереження якості продукції суб'єктам господарювання необхідно застосовувати комплексні управлінські та технологічні рішення [1, с. 58]. Одним із ключових ризиків є порушення температурного режиму, оскільки тривала відсутність електропостачання призводить до зупинки холодильного та морозильного обладнання, що дестабілізує процеси виробництва, транспортування та зберігання харчових продуктів та створює загрозу їх псування.

Внаслідок неможливості підтримання необхідних умов охолодження виникає ризик втрати значних обсягів сировини та готової продукції. Відключення електроенергії також спричиняє повне припинення роботи технологічних ліній, включно з пакувальними комплексами та іншими системами, критичними для забезпечення виробничого циклу.

Додаткові ускладнення пов'язані з водопостачанням, адже низька санітарна та технологічна процедура потребує стабільної подачі води [2, с. 35], яка часто залежить від електричних насосних станцій. Виробники, незважаючи на надзвичайні умови, зобов'язані забезпечувати дотримання встановлених стандартів безпеки, що означає неможливість подальшої реалізації продукції у випадках, коли порушено температурні режими або інші умови, критично важливі для збереження її якості та безпеки.

Для зменшення ризиків та забезпечення адаптивності до умов блекауту оператори ринку харчових продуктів застосовують комплекс технічних та організаційних заходів [3, с. 31]. До таких рішень належить використання генераторів та альтернативних джерел енергії, зокрема дизельних, бензинових чи газових установок, що дозволяють підтримувати безперервне функціонування критично важливих етапів виробництва, включаючи холодильне обладнання.

Планування виробничих циклів здійснюється з урахуванням прогнозованих графіків відключень електроенергії, що дає змогу концентрувати енергоємні процеси на періоди стабільного енергопостачання [4, с. 226]. Паралельно впроваджується посилений контроль умов зберігання продукції, зокрема постійне відстеження температури в холодильниках та морозильних камерах за допомогою спеціалізованих термометрів, що забезпечує оцінку її безпеки.

У разі масових відключень електроенергії оператори ринку можуть тимчасово скорочувати обсяги виробництва та зберігання продукції для мінімізації втрат. Значну роль відіграють технології безперервного моніторингу, що дозволяють дистанційно контролювати температурні режими та стан обладнання навіть у періоди відсутності електропостачання. Водночас зберігається суворе дотримання санітарних норм,

включаючи гігієну персоналу та дезінфекцію робочих поверхонь, навіть за умов обмеженого водопостачання.

Фахівці харчових технологій наголошують, обов'язок операторів ринку харчових продуктів суворо дотримуватися чинного законодавства у сфері харчової безпеки, зокрема забезпечувати виконання гігієнічних вимог на всіх етапах виробництва та обігу продукції. Особлива увага приділяється підтриманню температурного режиму, який запобігає розмноженню мікроорганізмів та утворенню токсинів, гарантує безпечність і якість харчових продуктів.

Блекаут слід розглядати не лише як екстрену кризову ситуацію, а як потенційно природний елемент сучасної життя, що відображає глибоку технологічну залежність суспільства. У цьому контексті відключення електроенергії виступає каталізатором для переосмислення виробничих, побутових та соціальних процесів, стимулюючи розвиток адаптивних стратегій та підвищення стійкості систем. Прийняття блекауту як закономірного явища дозволяє розглядати його не лише як загрозу, а й як можливість для вдосконалення організаційних підходів, впровадження резервних механізмів та технологічних рішень, що забезпечують безперервність функціонування критично важливих процесів.

Таким чином, інтеграція уявлень про блекаут як природну частину життєвого середовища сприяє формуванню більш гнучких, прогнозованих і безпечних моделей управління ризиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курепін В. М. Автоматизація системи управління ланцюжками поставок у плодоовочевому бізнесі. Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодоовочевої продукції : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 57–59.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/12153>
2. Іваненко В. С., Курепін В. М. Солоня вода у водогінних мережах міста – вихід з ситуації чи екологічна проблема. Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів: матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2023. С. 32–36.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/13842>
3. Іваненко В. С. Оптимізація асортименту плодоовочевої продукції в умовах кризи за допомогою штучного інтелекту. Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання плодоовочевої продукції : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 30–32.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/12135>
4. Іваненко В. С., Курепін В. М. Подолання кризових явищ у аграрній сфері за допомогою технології доповненої реальності. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування : матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 90-річчю з дня народження професора Г.П. Жемели. Полтава : ПДАУ, 2023. С. 224–226.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15512>

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОВОЛОДІННЯ НАВИЧКАМИ ВОЄННОГО МИСТЕЦТВА

Курдюк В. Ф.¹, к.військ.н., доцент,

Тарасюк П. К.²,

Пролигін А. А.¹

¹*Національна академія внутрішніх справ,*

²*Хмельницька митниця*

Цитата міністра оборони США стосовно читання і навчання:

Якщо ви не прочитали сотні книг, ви функціонально неграмотні і залишитесь некомпетентними, тому що ваш особистий досвід сам по собі недостатній. Будь-який командир, що стверджує, що він «занадто зайнятий, щоб читати», дізнається про це на власному гіркому досвіді, коли буде заповнювати мішки для трупів тілами своїх солдатів.

І ще одна:

Перш ніж піти в бій, ви повинні вчитися, розпитуючи ветеранів про їхній досвід і невпинно читаючи. Лейтенанти осягають елементи бою, в той час як старші офіцери навчаються перегравати свого противника. Вивчаючи, як інші справлялися з подібними обставинами, я познайомився з прикладами керівництва, що прискорили моє розуміння бою.

Не секрет, для кожного, хто вивчав історію, що ворог намагається зіграти на ваших слабких сторонах. Тому ви повинні проаналізувати свої слабкі сторони і знати як їх пом'якшити, або ж ввести противника в оману.

Вивчайте бойовий статут противника. Як правило підрозділи сухопутних військ противника не відходять від вимог бойових статутів. Це допомагає зрозуміти характер дій противника, його розміщення, нормативи, за якими він діє, те як він облаштовує позиції, на якій відстані, інфраструктуру, розміщення техніки і т.і. Все це допоможе нав'язувати противнику вигідний вам характер майбутніх дій відповідно свого задуму.

Важливим елементом підготовки розвідників є вивчення місцевого населення, його культур, звичаїв, традицій, манери носіння одягу, ментальності, мови. Це може допомогти розвіднику у виконанні завдань.

Дивіться на позиції власних військ, які розташовані на передньому краї, зазвичай вони є дзеркальним відображенням позицій противника. Це може допомогти вам.

Ніколи не недооцінюйте противника. Іноді він може діяти креативно. З 2014 року, РФ почала більш детально узагальнювати досвід війн в яких вона приймала участь раніше (Афганістан, Грузія, Чечня, і т.д), використовує досвід війни проти України, і Сирійської кампанії. А також активно переводить бойові статuti країн НАТО з метою отримання досвіду.

Ніколи не сподівайтесь тільки на свій попередній досвід в АТО, ООС на даний час тактика і обстановка швидко змінюється, з'являються новітні технічні засоби, противник також отримує досвід, змінюється мінна обстановка

Постійно оновлюйте розвідувальні дані, отримуйте максимальну кількість корисної інформації.

Вчіть бойові приклади, тактику, мистецтво війн, історію воєнного мистецтва як мінімум останніх 40 років. Цієї інформації достатньо у відкритих джерелах. Вивчення воєнного мистецтва допоможе вам взяти на озброєння бойові приклади минулих війн, використовувати найбільш відповідні до обставин форми і способи ведення бойових дій.

Дуже цікавий досвід конфліктів останніх років: США, Туреччини в Сирії, Вірменії і Азербайджану в Нагорному Карабасі. Помічено активне використання різних типів

БПЛА (розвідувальних, ударних, камікадзе), що значно вплинуло на тактику ведення бойових дій.

Також для розвідників корисно вивчати досвід війн у В'єтнамі, Фолклендській війні, Операції «Буря в пустелі», та «Свобода Іраку», «Нескорена Свобода» в Афганістані». В усіх описаних війнах приймали участь підрозділи спеціального призначення, тактику яких, частково, можна використовувати і в наших умовах сьогодення.

Вивчайте не тільки позитивний досвід проведення операцій, а і негативний також. Наприклад: операція групи британського SAS в Іраці в 1991 році по виявленні ракетних установок «SCUD», битва в Могадішо в 1993 році, операція «Червоні Крила» в Афганістані в 2005 році. Їхній аналіз допоможе уникнути повторення схожих помилок у вашій діяльності і значно збагатить ваш досвід.

Вивчення національного досвіду в поєднанні із досвідом війн інших країн може допомогти стати більш професійними підготовленими, для швидкої відповіді на агресію противника, а також допоможе вам опанувати мистецтвом ведення бойових дій і зберегти людські життя. Записуйте свій досвід кожної ротації, узагальнюйте досвід інших підрозділів.

Вивчайте планування за стандартами НАТО. Воно є більш розгорнутим. Розробляйте якомога більше ситуацій і розвитку подій на кожному етапі виконання завдання. Це допоможе вам діяти у критичній ситуації.

Вивчайте світовий досвід стратегії «малої війни», тактики партизанських дій, та тактику непрямих дій. Є чому повчитись і використовувати в умовах сьогодення. Наприклад, досвід армії Швейцарії – «Тотальний Опір», досвід партизан УПА, В'єтнаму, тощо.

Вивчіть загальні тактико-технічні характеристики основних одиниць озброєння, та запам'ятайте нормативи, якими користуються підрозділи противника. Ви будете знати як їм протидіяти, де їх слабкі місця, де їх знайти, як від зброї ефективніше укритися, або правильно коригувати артилерію і наводити авіацію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пітер Друкер «Ефективний керівник»: книга США, 2012, 240 с.
2. Закон України «Про основи національного спротиву» від 16.07.2021 № 1702-ІХ. Відомості Верховної Ради України. 2021. № 41. Ст. 339. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1702-20>
3. Положення про добровольчі формування територіальних громад : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 № 1449. Офіційний вісник України. 2022. № 3. Ст. 141. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1449-2021-%D0%BF#Text>
4. Порядок організації, забезпечення та проведення підготовки добровольчих формувань територіальних громад до виконання завдань територіальної оборони : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 № 1447. Офіційний вісник України. 2022. № 3. Ст. 139. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1447-2021-%D0%BF#Text>

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВУЗЛІВ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ТА ПІННОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

*Кушнір А. П., к.т.н., доцент,
Альфавіцька Г. В.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Розвиток технічних систем у сучасних умовах супроводжується підвищеними вимогами до надійності, швидкодії та стабільності процесів керування. Одним із основних напрямів підвищення ефективності функціонування складних технічних систем є автоматизація операцій, що виконуються обслуговуючим персоналом. Це зумовлено обмеженими можливостями людини щодо безпомилкового виконання великої кількості однотипних та відповідальних дій, особливо в умовах підвищеної відповідальності та дефіциту часу.

Комплексна автоматизація набула широкого застосування у промисловості, енергетиці, транспортній галузі та під час експлуатації будівель і споруд різного призначення. Сучасні об'єкти все частіше оснащуються інтегрованими системами керування, які об'єднують технологічне обладнання, інженерні мережі та системи безпеки в єдину інформаційно-керуючу структуру. У галузі пожежної безпеки автоматизація реалізується переважно на рівні виявлення пожежі, оповіщення та запуску окремих систем протипожежного захисту, тоді як процеси керування автоматичними системами пожежогасіння залишаються частково ручними.

Автоматичні системи водяного та пінного пожежогасіння широко застосовуються на об'єктах. Надійність функціонування даних систем значною мірою визначається станом та правильністю роботи вузлів керування (запірно-пускових вузлів) та насосних установок. Загальні вимоги щодо цих елементів є наведені в нормативних документах [1, 2]. Одним із важливих функціональних елементів таких систем є вузол керування пожежогасінням, який забезпечує запуск системи, контроль її технічного стану, розподіл вогнегасної речовини за напрямками захисту та формування керуючих сигналів для інших елементів систем протипожежного захисту.

На сучасному етапі розвитку протипожежних технологій насосні установки систем водяного та пінного пожежогасіння активно автоматизуються і удосконалюються за рахунок впровадження нових конструктивних технічних рішень, високоефективних насосів, енергоощадних електроприводів, електрозасувок, силових перетворювачів, технологічних мікропроцесорів тощо. Це дозволяє підвищити їх продуктивність, надійність і енергоефективність. Водночас на сьогодні приведення вузлів керування у режим очікування, перевірка працездатності та контроль стану запірної арматури здебільшого виконуються вручну відповідно до регламентних вимог [1, 2]. Робота вузлів керування, їх автоматизація залишається практично без змін, ґрунтуючись на мінімальному рівні автоматизації. Такий підхід обмежує можливості оперативного контролю, безперервного моніторингу, діагностики технічного стану та адаптації роботи систем до змінних умов експлуатації. Зі збільшенням кількості вузлів керування у межах одного об'єкта, ці операції стають більш трудомісткими, потребують значних витрат часу та підвищують імовірність допущення помилок. Відсутність централізованого контролю ускладнює своєчасне виявлення несправностей і негативно впливає на експлуатаційну надійність систем.

Недостатній рівень автоматизації вузлів керування знижує загальну ефективність систем водяного та пінного пожежогасіння, особливо в умовах складних або аварійних режимів роботи, коли необхідні швидке прийняття рішень, стабільність параметрів та

безперервний моніторинг.

Актуальним є впровадження автоматизованого керування вузлами пожежогасіння з використанням сучасних засобів промислової автоматизації. Застосування електрозасувок, електроклапанів, програмованих логічних контролерів, сучасних мікропроцесорних засобів, давачів стану, інтелектуальних алгоритмів керування, систем дистанційного моніторингу та інтеграції дозволяє реалізувати алгоритми автоматичного приведення вузлів керування у необхідні режими роботи, здійснювати безперервний моніторинг параметрів системи, стану виконавчих механізмів та формувати керуючі сигнали для насосного обладнання, систем оповіщення та інших елементів протипожежного захисту. Реалізація таких підходів дозволить підвищити надійність, швидкодію та адаптивність систем водяного та пінного пожежогасіння, а також забезпечити відповідність сучасним вимогам пожежної безпеки та експлуатаційної ефективності.

Інтеграція вузлів керування автоматичних систем пожежогасіння в загальну структуру систем протипожежного захисту здійснюється з використанням мережевого обладнання та модулів вводу-виводу. Застосування SCADA-систем забезпечує збір, обробку та візуалізацію інформації про стан обладнання в реальному часі, архівування даних і формування звітної документації. Використання MES-систем дозволяє реалізувати функції координації, аналізу та оптимізації процесів експлуатації автоматичних систем пожежогасіння [3].

Особливу увагу при автоматизації вузлів керування пожежогасінням необхідно приділяти питанням надійності та відмовостійкості. З огляду на критичність виконуваних функцій програмно-апаратні засоби керування повинні забезпечувати стабільну роботу в умовах відмов окремих елементів, порушень зв'язку та збоїв електроживлення. Доцільним є застосування резервованих каналів передачі даних, дублювання основних керуючих елементів, а також реалізація алгоритмів самодіагностики та контролю справності виконавчих механізмів і давачів.

Таким чином, автоматизація вузлів керування автоматичних систем пожежогасіння є обґрунтованим напрямом удосконалення систем протипожежного захисту. Впровадження автоматизованого керування з урахуванням вимог надійності та відмовостійкості забезпечує підвищення стабільності функціонування автоматичних систем пожежогасіння, оперативність контролю їх технічного стану та відповідність сучасним вимогам експлуатації об'єктів різного призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 12845:2022 Стационарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтажування та технічне обслуговування (EN 12845:2015+A1:2019, IDT). Чинний від 31.12.2023. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 215 с.
2. ДСТУ CEN/TS 14816:2022 Стационарні системи пожежогасіння. Системи розбризкування води. Проектування, встановлення та обслуговування (CEN/TS 14816:2008, IDT). Чинний від 31.12.2023. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 29 с. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/manufacturing-execution-system-mes> (01.02.2025).

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИМОВИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ

Кушнір А. П., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Під час вибору димового пожежного сповіщувача (ДПС) необхідно звертати увагу на основні його технічні характеристики, а особливо на чутливість або поріг спрацьовування. У ДСТУ EN 54-7[1] не наведено окремого термінологічного визначення поняття «чутливість» ДПС та «поріг спрацьовування» ДПС. Чутливість та поріг спрацьовування ДПС це не одне і те саме, але вони тісно пов'язані між собою. Чутливість ДПС – це експлуатаційна характеристика сповіщувача, що відображає його здатність реагувати на наявність диму певної концентрації (оптичної щільності диму) у встановленому нормативами діапазоні значень фізичних параметрів середовища. Інакше кажучи, чутливість визначає діапазон допустимих значень від мінімальної концентрації диму або мінімальної оптичної щільності диму до максимальної концентрації диму або максимальної оптичної щільності диму в якому відбувається спрацьовування сповіщувача.

Поріг спрацьовування – це конкретне числове значення фізичної величини (наприклад, концентрації диму, зміни оптичної щільності диму тощо), при досягненні якого сповіщувач подає сигнал тривоги. Це фактична поріг спрацьовування для конкретного сповіщувача. Згідно п.5.2 ДСТУ EN 54-7 [1] значення концентрації аерозолі (дим) в момент видавання сповіщувачем сигналу тривоги треба ресструвати як m (дБ/м) для сповіщувачів розсіяного або пропущеного світла, або y – для іонізаційних сповіщувачів. Це значення приймають як поріг спрацьовування сповіщувача. Отже, чутливість і поріг спрацьовування визначає, наскільки рано та швидко система зможе виявити пожежу. Згідно п.5.2 ДСТУ EN 54-7 [1] мінімальне значення порога спрацьовування y_{min} для іонізаційних сповіщувачів повинно бути не менше ніж 0,2 дБ/м або m_{min} – для сповіщувачів розсіяного або пропущеного світла повинно бути не менше ніж 0,05 дБ/м. Співвідношення значень порога спрацьовування y_{max}/y_{min} або m_{max}/m_{min} не повинно перевищувати 1,6. Виробники у технічних паспортах на ДПС вказують: чутливість сповіщувача – згідно ДСТУ EN 54-7; або чутливість сповіщувача – від 0,05 дБ / м; або чутливість сповіщувача – від 0,05 до 0,2 дБ /м. Отже, наприклад, якщо чутливість ДПС – від 0,08 до 0,15 дБ/м, то поріг спрацьовування може бути, наприклад, 0,1 дБ/м. ДПС повинен спрацьовувати в цьому діапазоні. Тут також слід розмежовувати поняття діапазону порогу спрацьовування (y_{max}/y_{min} або m_{max}/m_{min} не повинно перевищувати 1,6) з діапазоном чутливості сповіщувача. Наприклад, якщо значення порога спрацьовування $m_{min} = 0,1$ дБ/м, тоді $m_{max} = 0,16$ дБ/м, а чутливість сповіщувача – від 0,05 дБ/м до 0,2 дБ/м.

В технічному паспорті сповіщувача виробники переважно вказують його чутливість, а саме мінімальне значення. Чутливість і поріг спрацьовування вимірюється в дБ/м. Однак деякі західні виробники, наприклад, System Sensor (корпорація Honeywell, США/Європа), Apollo (Велика Британія), можуть вказувати чутливість у відсотках ослаблення світлового потоку (затемнення) на метр (%/м). У програмному забезпеченні Fire Dynamics Simulator, яке використовується для моделювання розвитку пожеж, під час моделювання ДПС задають оптичну щільність. Використання відсотків на метр (%/м) для характеристики оптичної щільності диму є термінологічно неточним. Величина, подана у %/м, відповідає ступеню затемнення (obscuration per meter) – лінійному показнику відносного послабленню інтенсивності світлового потоку, що проходить через середовище з димом порівняно з чистим повітрям. Натомість оптична густина (щільність) є логарифмічною характеристикою ослаблення світла і визначається як логарифм відношення початкової та ослабленої інтенсивностей. У ДСТУ EN 54-7 [1] для

оцінювання чутливості ДПС застосовується логарифмічна форма цього параметра – питома оптична щільність m (дБ/м). Таким чином, затемнення у %/м та питома оптична щільність описують один фізичний процес послаблення світла, але відрізняються математичною формою представлення і не є тотожними величинами.

Співвідношення між дБ/м і %/м є логарифмічним і визначається за формулою:

$$m \left[\frac{\text{дБ}}{\text{м}} \right] = 10 \cdot \log_{10} \left(100 / \left(100 - D \left[\frac{\%}{\text{м}} \right] \right) \right), \quad (1)$$

або

$$D \left[\frac{\%}{\text{м}} \right] = 100 \cdot \left(1 - 1/10^{m \left[\frac{\text{дБ}}{\text{м}} \right] / 10} \right). \quad (2)$$

Ослаблення світла в димовому середовищі описується коефіцієнтом ослаблення k (1/м) відповідно до закону Бугера–Ламберта–Бера.

$$I = I_0 e^{-kL}, \quad (3)$$

де I – інтенсивність після проходження шляху L , I_0 – початкова інтенсивність, k – коефіцієнт ослаблення (1/м), L – довжина шляху.

Перетворюючи рівняння, отримуємо коефіцієнт оптичного послаблення:

$$k = \frac{1}{L} \ln \left(\frac{I_0}{I} \right). \quad (4)$$

Ступінь затемнення і коефіцієнт ослаблення пов'язані між собою

$$D = (1 - e^{-kL}) \times 100, \quad (5)$$

або

$$k = -\frac{1}{L} \ln \left(1 - D/100 \right). \quad (6)$$

Питома оптична щільність

$$m = \frac{10}{L} \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right). \quad (7)$$

Питома оптична щільність m і коефіцієнт ослаблення k описують один і той самий фізичний процес ослаблення світла в димовому середовищі, однак відрізняються математичною формою представлення та розмірністю.

$$m = 4,343 k. \quad (8)$$

Отже, розуміючи поняття чутливість, поріг спрацювання, оптичну щільності диму, лінійного коефіцієнта послаблення не виникає проблем під час вибору ДПС.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 54-7:2019 Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Сповіщувачі пожежні димові точкові розсіяного світла, (EN 54-7:2018, IDT). Чинний від 01.01.2020. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 79 с.

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЛОЖІ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ

Ліщенко Л. П., к.геол.н., с.н.с.

Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі»

ІГН НАН України

Швидкий спуск води та зниження рівня поверхневих вод Каховського водосховища в результаті теракту викликало осушення до 90 % його площі та суттєву перебудову всієї екосистеми на цьому відтинку долини Дніпра (Катастрофа Каховського водосховища: свідчать супутникові знімки. ред. Попов, К. 2024). Це спонукало до зниження базису ерозії та рівня ґрунтових вод. За даними спеціалістів геологів (Шехунова С.Б. та ін., 2025, Саніна І.В. та ін., 2023). очікується поступове збільшення глибини рівня ґрунтових вод до 10,3–16,1 м та значну зміну гідродинамічних параметрів підземних вод, а також інженерно-геологічних умов території, що вимагає їх аналізу та оцінки, виявлення найбільш вразливих ділянок і прогнозування подальшого розвитку небезпечних геологічних процесів (НГП).

Після осушення ложа водосховища відбувається перебудова і часткова зміна направленості екзогенних геологічних процесів підсилених глобальними змінами клімату. За локалізацією ці процеси можна поділити на дві групи: схилів (в бортах водосховища та долини Дніпра) та донні, що починають розвиватися на осушеній поверхні ложа водосховища. Використання історичних карт, архівної аерофотозйомки, детальних топографічних карт дозволило нам проаналізувати стан берегів цієї ділянки Дніпра та її долини до затоплення, під час існування водосховища, а також за супутниковими даними відстежувати зміни, що зараз відбуваються в осушеному ложі та прилеглий до нього території та робити прогнози.

Упродовж часу існування водосховища (1956–2023 роки) через суттєве підняття урізу води виникла низка НГП обумовлена як абразією, так і підтопленням. Вони диференціювалися вздовж берегової лінії та мали різні стадії активності, які залежали від геологічної будови, складу приповерхневих відкладів, рельєфу та тектогенезу. З геолого-тектонічною позицією водосховища значною мірою була пов'язана динаміка НГП, які обумовили формування наступних видів берегів: абразійно-денудаційних, абразійно-обвальних-осипних, абразійно-зсувних, ерозійних, акумулятивних або підтоплення і заболочення понижених ділянок. В той час активізувались схиліві гравітаційні процеси (переважно – зсуви, обвали), тоді як лінійні ерозійні процеси на бортах водосховища стали затухати. Відбулось значне затоплення гирлових ділянок рік і балок, що відкриваються у водосховище з утворенням окремих водойм, що захищалися дамбами; спостерігалось підтоплення знижених прибережних ділянок та марганцевих кар'єрів; проводились інтенсивні роботи по берегоукріпленню і облаштуванню захисних дамб. Ці явища добре простежуються за супутниковими знімками високого просторового розрізнення та підтверджуються фотофіксацією існуючою на той час. В результаті такого аналізу нами складена карта схилівих небезпечних геологічних процесів, що мали місце під час існування Каховського водосховища взявши за основу зображення Landsat 8/9 та Sentinel-2. Це стало необхідною умовою для подальшого прогнозу розвитку НГП в результаті супутникового моніторингу даної території.

Осушення днища водосховища в результаті теракту сприяло припиненню абразії берегів, яка спричиняла зсуви, обвали, осипання схилів. Проте зниження рівня ґрунтових вод та пониження базису ерозії в подальшому активізують ерозійні процеси у схилах. На

колишніх зсувних ділянках через зменшення водонасичення водовмісних шарів, зсуви заміняться осипами та площинним змивом (на лівобережжі це район сіл Велика і Мала Лепетиха, Маячка, Ушкалка, Мамай гора, Нижній Рогачик), а також посиляться лінійна ерозія. Геологічна будова правобережного корінного схилу ускладненого балками та ярами сприяла розмиву та зсуванню в межах ділянок сіл Біленьке, Добра Надія, Вищитарасівка. Іллінка. Наразі для встановлення рівноваги схилу там будуть суттєво активізуватися яружні (верхова та бокова лінійна ерозія) та денудаційні процеси.

У північно–східній частині субширотного відтинку водосховища (Великий Луг), там де були раніше заплавні піщані масиви, відновлюються великі ділянки з піщаним та детритовим покривом, які при аридизації та слабкому заростанні будуть зазнавати вітрової ерозії та дефляції. Тому для окремих ділянок Великого Лугу будуть характерні котловини видування, еолові кучугури та пилові бурі. На Лівобережжі, де переважали піщані арени в межах терас Дніпра (села Водяне, Велика Знам'янка) через нестачу вологи також посиляться вітрова ерозія, а на лесових терасах – суфозія та просадки. На ділянках, що зазнавали підтоплення після відтоку води зросте небезпека просідання ґрунту, що відобразиться на стані доріг та дамб. На абразійних схилах нижнього субмеридіального відтинку водосховища, де розмиву піддавались переважно глинисті і вапняково-черепашкові породи неогену, знову почнуть активізуватися лінійні ерозійні процеси та площинний змив. Виникне необхідність захисту схилів від руйнівного антропогенного впливу шляхом проведення протиерозійних та фітомеліоративних заходів.

Безпосередньо на осушеному ложі водосховища продовжує відбуватися диференціація поверхні (рослинність, відкритий ґрунт, ділянки з періодичним затопленням, заболочені ділянки, водні поверхні), яка залежить від направленості сучасного тектогенезу, складу донного осаду, обводнення та швидкості заростання. Це спонукає переважанню ерозійних чи акумулятивних екзогенних геологічних процесів, притаманних кожній конкретній ділянці. Інтенсивність їх прояву, як правило, регулюється гідрометеорологічними умовами. На прибортових територіях, що тяжіють до ділянок опускань та місць впадіння рік, якими є Кінські, Новопавлівські, Базавлуцькі плавні, відбувається формування сталих заболочених територій із характерною рослинністю і водним режимом. З'являються нові форми рельєфу такі як структурні тераси, конуси виносу, делювіальні шлейфи, мілини, замулені або навпаки ревіталізовані меандри та протоки з притаманними їм процесами флюїдо- та масопереміщення. Супутниковий моніторинг дозволяє фіксувати всі зміни, що відбуваються в структурі осушеної поверхні і колишніх бортів водосховища і спрогнозувати подальший розвиток НГП з врахуванням сучасної геолого-тектонічної будови, а також впливом воєнних дій, які призводять до механічного руйнування схилів (окопи, укріплення, бомбардування), хімічного забруднення та викликають пожежі в природних екосистемах ложа водосховища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shekhunova, S. B. and ets. (2025). Analysis of Exogenous Hazardous Geological Processes within the Zone Affected by the Former Kakhovka Reservo ir. 18 Intern. conf. Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. 2025. 1. DOI: 10.3997/2214-4609.2025510227.

2. Саніна І. В., Люта Н. Г. Екологічні наслідки підриву греблі Каховської ГЕС і шляхи вдосконалення водопостачання населення. Мінеральні ресурси України № 2. 2023. С. 50–55. DOI: 10.31996/mru.2023.2.50-55.

ОСОБЛИВОСТІ ЕВАКУАЦІЇ ЦИВІЛЬНОГО НАСЕЛЕННЯ З ЗОН АКТИВНИХ БОЙОВИХ ДІЙ

Ломакін В. В.¹,

Бодрик О. О.²

¹*Національний університет цивільного захисту України,*

²*ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області*

В умовах сучасної повномасштабної агресії російської федерації проти України питання евакуації цивільного населення перестало бути суто логістичним завданням, перетворившись на комплексний безпековий та гуманітарний виклик [1, 2]. Висока інтенсивність обстрілів, використання безпілотних літальних апаратів (дронів), засобів дистанційного мінування та руйнування критичної інфраструктури змушують переглядати класичні підходи до цивільного захисту.

Постанова Кабінету Міністрів України від 30 жовтня 2013 р. № 841 «Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій» визначає механізм здійснення організованого вивезення (виведення) населення із зон можливого впливу наслідків надзвичайної ситуації або надзвичайної ситуації, розміщення його поза зонами дії вражаючих факторів джерел надзвичайної ситуації у разі виникнення безпосередньої загрози життю та заподіяння шкоди здоров'ю населення, заходів з евакуації матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення, а також механізм повернення евакуйованого населення до місць проживання, з яких проведена евакуація [3].

Порядок проведення евакуації населення в умовах військового часу та справжньої загрози його життю та здоров'ю вимагає прийняття ряду жорстких управлінських рішень, чіткої координації між органами влади та силовими структурами та чіткого виконання всіх вимог з питань евакуації цивільним населенням, а саме:

- облаштування збірних пунктів евакуації в об'єктах фонду захисних споруд або ж в безпосередній близькості біля них;
- організації чіткої та оперативної посадки населення в транспортні засоби враховуючи вік та стан здоров'я осіб, що евакууються;
- вжиття заходів, щодо заповнення транспортних засобів максимальною кількістю населення, а не матеріальними цінностями;
- недопущення скупчення людей та техніки на відкритій території біля збірних пунктів евакуації, в тому числі не допускати формування великих колон евакуаційних транспортних засобів;
- забезпечення максимально швидкої посадки громадян в евакуаційний транспорт;
- забезпечення руху транспортних засобів максимально безпечними ділянками місцевості з використанням засобів радіоелектронної боротьби;
- наявність резервних транспортних засобів з водіями, що можуть бути задіяні для евакуації;
- резерв паливно-мастильних матеріалів (наливом) для транспортних засобів, що задіяні для евакуації населення;
- наявність медичного персоналу на збірних пунктах евакуації та супровід евакуаційного транспорту.

Досвід евакуаційних заходів в Україні (зокрема з прикордонних районів Сумщини) свідчить про те, що існуючі нормативно-правові акти не обмежують рух раніше евакуйованого цивільного населення та осіб що надають послуги з перевезення населення

в зоні активних бойових дій, внаслідок чого цивільне населення безперешкодно рухається небезпечними ділянками та населеними пунктами, зокрема для:

- самостійної евакуації матеріальних цінностей з власних домоволодінь та садових товариств;
- оброблення земельних ділянок та збирання врожаю;
- догляду за свійськими тваринами;
- повернення до власних домівок для проживання після евакуації.

Вищезазначені безвідповідальні дії цивільного населення та потреба в їх повторній евакуації призводять до збільшення безпекових ризиків їх життю та здоров'ю, а також для представників служб та організацій, що зобов'язані здійснювати евакуацію цивільного населення з зон бойових дій, представників сил оборони України, які надають прикриття під час евакуаційних заходів.

Як приклад, 17 травня 2025 року мікроавтобус сполученням «Суми - Шостка» здійснював черговий рейс по перевезенню пасажирів по території громади де ведуться бойові дії, внаслідок чого відбулося влучання безпілотного літального апарату в мікроавтобус. Внаслідок влучання загинуло 9 осіб (рис. 1).



Рисунок 1 – Наслідки влучання БПЛА в цивільний автомобіль, який рухався в зоні активних бойових дій

Подібні випадки на жаль є систематичними та часто повторюваними, а питання евакуації населення та обмеження доступу евакуйованих осіб до зони активних бойових дій потребує доопрацювання та правового врегулювання.

Таким чином, до особливостей евакуації цивільного населення з зон активних бойових дій можна віднести: наявність постійних безпекових ризиків у місцях збору осіб і транспорту для евакуації; можливість обстрілу збірних пунктів евакуації та евакуаційного транспорту під час руху; наявність психологічного тиску та конфліктів з боку населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Майборода Р. І., Отрош Ю. А., Рашкевич Н. В., Мележик Р. С. Дослідження евакуації маломобільних груп населення з житлових висотних будинків при пожежі. Комунальне господарство міст. 2023. Том 4, випуск 178. С. 219–231. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-4-178-219-231

2. Олейник О. С., Отрош Ю. А., Рашкевич Н. В., Шаповал С. В. Моделювання можливої зони задимлюваності в зруйнованому укритті. Комунальне господарство міст, 2023, том 4, випуск 178. С. 210–218. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-4-178-210-218

3. Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 жовтня 2013 р. № 841. Вид. офіц.

АНАЛІЗ ПРОЄКТНИХ ЗАГРОЗ ОБ'ЄКТАМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

*Маладика Л. В.¹, к.пед.н., доцент,
Ліпецька М. О.¹,
Богурський Ю. В.²*

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Управління освіти, науки та спорту Державної служби України з надзвичайних ситуацій

В умовах воєнного стану, запровадженого в Україні у зв'язку з повномасштабною збройною агресією, забезпечення безпеки та стійкості об'єктів критичної інфраструктури (КІ) набуває першочергового значення.

Критична інфраструктура визначається як сукупність об'єктів, систем та їх елементів, що є життєво важливими для економіки, національної безпеки та оборони держави, суспільства і населення, порушення функціонування яких може призвести до виникнення надзвичайних ситуацій загальнодержавного рівня [1]. До основних галузей КІ належать енергетика, транспорт, зв'язок та інформаційні технології, водопостачання, охорона здоров'я, фінансово-банківський сектор, оборонно-промисловий комплекс, а також ядерна енергетика тощо [2].

У мирний період основними загрозами для об'єктів КІ є: техногенні, природні та кліматичні загрози, кіберзагрози та інформаційні атаки тощо. Загрози мирного часу здебільшого прогнозовані і можуть бути зменшені за допомогою планових заходів безпеки, модернізації систем і навчання персоналу [3]. Під час воєнних дій спектр загроз розширюється, а саме це: військові та терористичні загрози, кіберзагрози військового рівня, інфраструктурні та техногенні загрози під час бойових дій, соціальні загрози та паніка населення. Під час воєнного стану загрози набувають цілеспрямованого та комбінованого характеру, що різко підвищує ризик порушення стійкості об'єктів і виникнення масштабних наслідків.

Таким чином, воєнний стан трансформує характер загроз для об'єктів КІ, змінюючи пріоритети від природних та техногенних ризиків до навмисних, цілеспрямованих атак противника [4]. Особливості таких загроз – висока інтенсивність, повторюваність, невизначеність часу та напрямку ураження, комбінований характер фізичних, кібернетичних, інформаційно-психологічних та логістичних впливів – призводять до виникнення каскадних і мультидоменних відмов, які нехарактерні для мирного часу. Аналіз нормативних обмежень показав фрагментованість законодавчої бази, орієнтацію на мирний час, обмеження міжнародних стандартів і затягування процедур державної експертизи, що ускладнює впровадження ефективних захисних рішень.

Проектні загрози для об'єктів КІ визначаються як потенційні небезпеки, закладені на етапі проєктування та будівництва. Вони виникають через недосконалі технічні рішення, неврахування умов експлуатації, помилки у виборі матеріалів або технологій, а також через недооцінку зовнішніх факторів, включно з кліматичними, техногенними та військовими загрозами. Наявність проєктних загроз створює потенційні вразливості, що можуть проявитися під час експлуатації об'єкта і спричинити аварії, збої або значні соціально-економічні наслідки. Врахування проєктних загроз на ранніх стадіях дозволяє впроваджувати технічні, організаційні та процедурні рішення, спрямовані на підвищення стійкості об'єкта [4]. Це включає вдосконалення конструкцій, вибір більш надійних матеріалів, закладання резервних систем і заходів контролю, а також інтеграцію сучасних технологій безпеки. Системне врахування проєктних загроз формує основу для комплексного підходу до захисту КІ, де превентивні заходи закладаються ще до початку експлуатації.

Аналіз практики експлуатації об'єктів КІ під час збройних конфліктів свідчить, що найбільш уразливими є не основні несучі конструкції, а допоміжні та інфраструктурні елементи, від яких залежить безперервність функціонування. До таких елементів належать: системи зовнішнього та внутрішнього електропостачання; системи зв'язку та передачі даних; вузли управління та диспетчерські пункти; системи охолодження, вентиляції та водопостачання; склади пального та резервні джерела енергії та ін. Пошкодження навіть одного з перелічених елементів може призвести до зупинки всього об'єкта або виникнення аварійної ситуації. Тому під час проєктування доцільно передбачати розосередження критичних систем, їх дублювання та фізичний захист. Воєнні дії трансформують об'єкти КІ з інженерних систем у цілеспрямовані об'єкти впливу, де вразливість визначається не лише фізичною міцністю, а й системною роллю елемента, його відновлюваністю та каскадним потенціалом.

На відміну від експлуатаційних загроз, проєктні загрози закладаються на стадії планування та визначають базовий рівень безпеки об'єкта. Проєктні загрози формують фундамент безпеки КІ, оскільки визначають: максимально допустимий рівень ризику для об'єкта; структуру системи захисту: технічні, організаційні, інформаційні та фізичні заходи; стратегію управління кризовими ситуаціями та оперативного реагування на надзвичайні події; ймовірність каскадних наслідків у випадку відмови окремих елементів.

Чим більш ретельно враховані проєктні загрози на етапі планування, тим ефективніша система безпеки під час експлуатації. Для мінімізації проєктних загроз необхідно застосовувати:

- сучасні стандарти та норми безпеки при проєктуванні;
- комп'ютерне моделювання та оцінку стійкості конструкцій;
- аналіз сценаріїв аварій та екстремальних ситуацій;
- інтеграцію систем резервування та автономних джерел енергії;
- регулярне оновлення та аудит проєктної документації з урахуванням нових ризиків.

Врахування загроз на етапі проєктування дозволяє підвищити ефективність превентивних заходів, оптимізувати витрати на захист об'єктів, інтегрувати сучасні технології безпеки і стандартизувати підходи до управління ризиками [5, 6]. Водночас поєднання оцінки життєвого циклу, багаторівневого захисту, моделювання сценаріїв надзвичайних ситуацій забезпечує комплексну стійкість критично важливих об'єктів та створює основу для надійного і безпечного функціонування інфраструктури в умовах змінного загрозового середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX.
2. Ботнарєнко І. А. Критична інфраструктура в Україні та її складові: поняття, зміст та законодавче визначення: матеріали Науково-практичної конференції. Львів : Львів ДУВС, 2024. 192 с.
3. Захист критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій : монографія / С. І. Азаров, В. Л. Сидорєнко, С. А. Єременко, А. В. Прусський, А. М. Демків; за заг. ред. П. Б. Волянського. Київ, 2021. 375 с.
4. Герасимєнко О. М. Загрози об'єктам критичної інфраструктури України в умовах воєнного стану. Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія Право. 2024. № 84 (3). С. 257–263.
5. Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Ковальов А. І., Плотников І. В., Сур'янінов В. М. Інноваційні заходи в проєктуванні протипожежних перешкод трансформаторних підстанцій. ВІСТІ Донецького гірничого інституту. № 2 (2024). С. 59–65.
6. Рашкевич Н. В., Плотников І. В., Отрош Ю. А., Чучмай О. М. Аналіз стану забезпечення безпеки гідротехнічних споруд. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 4. С. 314–322.

ЯДЕРНИЙ ШАНТАЖ

*Молодцов А. В.,
Бурбела С. В., PhD*

*Національна академія державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького*

Загальновідомо, що ядерні провокації та ядерний шантаж є небезпечними засобами політичного та військового тиску, що в свою чергу передбачають погрози застосування ядерної зброї або навмисне створення ситуацій, які підвищують ризик переходу до ядерного конфлікту. У сучасному світі, де низка держав володіє ядерними арсеналами, такі дії загрожують не тільки окремим країнам, а й усім людям на планеті.

Ядерна провокація зазвичай проявляється у загостренні обстановки – наприклад, публічні випробування балістичних ракет, переміщення стратегічних носіїв, великі військові навчання біля кордонів сусідів або гучні заяви про готовність застосувати ядерну зброю. Відповідно ці заходи можуть мати на меті залякування, перевірку реакції міжнародної спільноти, посилення своїх позицій у переговорах або мобілізацію внутрішньої підтримки.

Ядерний шантаж є саме тою формою примусу, коли держава прямо чи опосередковано погрожує використати ядерну зброю для досягнення певних цілей: змусити піти на територіальні поступки, зняти санкції, змінити політичний курс або припинити підтримку союзників. Стратегія спирається на страх перед катастрофічними наслідками й використовує ядерний потенціал як інструмент дипломатичного тиску. Слід вказати на те, що першими історичними прикладами реального застосування були бомбардування Хіросіми й Нагасакі у 1945 році. Саме ці події продемонстрували безпрецедентну руйнівну силу нової зброї і започаткували еру ядерного озброєння, в якій стримування стало вагомим чинником міжнародної безпеки.

У роки Холодної війни суперництво у сфері ядерних озброєнь між США та СРСР досягло свого апогею. Обидві сторони накопичили тисячі боеголовок і світ неодноразово опинявся на межі глобальної катастрофи. Критичним моментом цієї напруги стала Карибська криза 1962 року, коли розгортання радянських ракет на Кубі створило реальну загрозу ядерного протистояння. Саме тоді остаточно сформувалася концепція взаємного гарантованого знищення (Mutually Assured Destruction, MAD), яка ґрунтується на припущенні, що застосування ядерної зброї однією зі сторін викличе руйнівну відплату іншої, призвівши до взаємної загибелі. Як би суперечливо це не виглядало, проте страх перед тотальною катастрофою став одним із чинників стримування.

Сучасні приклади подібної риторики видно у діях КНДР, котра регулярно проводить ракетні випробування та робить гучні заяви про свій ядерний потенціал. Якраз це викликає занепокоєння світової спільноти й слугує підґрунтям для нових санкцій і дипломатичного тиску. Проблема ядерного шантажу загострилася під час повномасштабної агресії росії проти України: погрози або натяки на можливе застосування ядерної зброї використовуються як засіб впливу на обсяги міжнародної підтримки й спроба змусити держави діяти обережніше.

Міжнародне право намагається стримувати розповсюдження ядерної зброї через систему договорів і механізмів контролю. Договір про нерозповсюдження ядерної зброї (ДНЯЗ) спрямований на запобігання появі нових ядерних держав і сприяння мирному використанню атомної енергії. Проте наявні арсенали й далі дають можливість для політичного тиску та демонстрації сили. Ядерні провокації можуть набирати й непрямих форм, зокрема через створення загроз для цивільної ядерної інфраструктури.

Особливого занепокоєння викликає ситуація з Запорізькою АЕС, яка опинилася у зоні бойових дій. Будь-яка аварія на такому об'єкті може мати наслідки, порівнянні з масштабною

техногенною катастрофою. Наслідки реального застосування ядерної зброї були б катастрофічними: мільйони загиблих, зруйнована інфраструктура, тривале радіоактивне забруднення, порушення екосистем та глобальні кліматичні зміни, відомі як «ядерна зима». Світова економіка зазнала б руйнувань, а гуманітарна криза набрала б безпрецедентних масштабів.

Одним з вагомих психологічних аспектів є ядерний шантаж. Постійні погрози породжують атмосферу страху, тривоги та невизначеності, що впливає на поведінку населення, інвестиційний клімат, а також політичні рішення, перетворюючи ядерну загрозу на інструмент інформаційної війни. Додатково ускладнює ситуацію ерозія системи міжнародного контролю над озброєннями: вихід окремих держав з договорів або призупинення їх виконання знижує передбачуваність і підвищує ризик нової гонки озброєнь, що вимагатиме величезних ресурсів і посилить глобальну нестабільність.

Особливо небезпечним є поєднання ядерного чинника з кіберзагрозами та технологічними ризиками. Порушення роботи систем зв'язку чи систем раннього попередження може призвести до хибної інтерпретації сигналів і помилкових рішень. Історія знає випадки, коли саме людський фактор запобіг катастрофі, але покладатися на випадковість надзвичайно ризиковано.

Слід також враховувати роль міжнародних механізмів стримування та моніторингу, зокрема діяльність Організації Об'єднаних Націй і Міжнародного агентства з атомної енергії, що здійснюють нагляд за ядерними програмами та сприяють дипломатичному врегулюванню криз. Їхня робота є надзвичайно важливою для збереження глобальної стабільності. Варто врахувати те, що у довгостроковій перспективі протидія ядерним провокаціям і шантажу потребує формування культури стратегічної відповідальності: держави мають усвідомити, що використання ядерної риторики як політичного інструменту підриває міжнародну довіру й підвищує ризик неконтрольованої ескалації. Потрібно відновити діалог між ядерними державами, укласти нові угоди про скорочення стратегічних озброєнь і підвищити прозорість військової діяльності. Більша відкритість і комунікація між потенційними супротивниками знижують ймовірність фатальної помилки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Їжак О. Ядерне стримування і ядерний шантаж у політиці РФ. Національний інститут стратегічних досліджень. 2022. URL: <https://niss.gov.ua/news/statti/yaderne-strymuvannya-i-yadernyy-shantazh-upolitytsi-uf>
2. Сіновець П. А., Марчук С. П. Ядерний шантаж у сучасній російській риторичі. Міжнародні та політичні дослідження. 2024. Вип. 38. Russian disinformation and issues of solidarity among democratic countries in the fight against it [Proceedings of the symposium]. С. 314–318.
3. Стеблина Н. Ядерна істерика Кремля: від «удару по Лондону» до вимог зупинити «атомне жахіття». Інститут демократії імені Пилипа Орлика. URL: <https://idpo.org.ua/analitics/5265-yaderna-isterika-kremlya.html> (дата звернення: 23.02.2026).

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНО-ДРОНОВИХ АТАК

*Нетепчук М. С.,
Босак П. В., к.т.н., доцент,
Шкурка О. О.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Згідно зі статтею 27 Конституції України, кожна людина має невід'ємне право на життя, а обов'язок держави – захищати життя людини [1]. В умовах повномасштабної війни, правовий режим якої введено Указом Президента України № 64/2022 [2], виконання цього конституційного імперативу стикається з безпрецедентними викликами. Аналіз поточної ситуації свідчить, що існуюча архітектура цивільного захисту, успадкована від радянської доктрини «холодної війни», опинилася в стані глибокого концептуального дисонансу з реаліями сучасного збройного конфлікту. Динаміка застосування противником високоточних засобів ураження та дронів-камікадзе по житловій інфраструктурі виявила критичну невідповідність між нормативними алгоритмами реагування та фізичними можливостями порятунку населення.

Фундаментальною проблемою є часовий розрив між виявленням загрози та моментом ураження. Класична система оповіщення та евакуації до стаціонарних захисних споруд (сховищ, ПРУ) розраховувалася на сценарії стратегічних бомбардувань або ядерних ударів, де час прийняття рішення обчислювався десятками хвилин. Насьогодні, при застосуванні аеробалістичних ракет або РСЗВ по прифронтових містах, підльотний час становить від 40 секунд до 2–3 хвилин. У такій часовій парадигмі вимога негайно слідувати до стаціонарного укриття, яке часто розташоване на відстані понад 500 метрів, стає нездійсненною для більшості громадян, перетворюючи інструкцію на формальність, що не гарантує виживання.

Ситуацію ускладнюють урбаністичні особливості сучасних міст. Щільна висотна забудова та широке використання скляних фасадів створюють ефект «каньйону», де під час вибуху формується поле вторинних уражаючих елементів (уламків скла, бетону, частин облицювання) [4]. Зона ураження цими елементами значно перевищує радіус фугасної дії боєприпасу. Наявна система цивільного захисту не враховує цей аспект, залишаючи населення без оперативного укриття через непридатність або недоступність наявних підвальних приміщень.

Ще однією ланкою, що потребує докорінного переосмислення, є парадигма навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях. Населення часто не володіють елементарними навичками інженерної оцінки простору (правило «двох стін» часто трактується помилково) та домедичної допомоги при мінно-вибухових травмах. Відсутність масової системної підготовки за стандартами тактичної медицини та алгоритмами в умовах техногенних завалів призводить до невиправданих втрат внаслідок вибуху (руйнування) будівлі, ще до прибуття рятувальних підрозділів.

Важливою проблемою є також те, що існуючі протоколи оповіщення часто працюють за принципом широкого охоплення, не забезпечуючи диференціації загроз для конкретних мікрорайонів. Це, у поєднанні з високою частотою тривоги, призводить до соціальної десенсибілізації: населення перестає сприймати сигнал сирени як спонукання до дії, вважаючи його фоновим шумом. Втрата довіри до системи оповіщення є небезпечним психологічним феноменом, який неможливо компенсувати лише технічними засобами.

Крім того, спостерігається значне технологічне відставання у сфері управління фондом захисних споруд. Облік та контроль готовності укриттів часто здійснюється застарілими методами, що унеможливує отримання об'єктивної картини в режимі реального часу. Відсутність єдиної цифрової екосистеми, яка б інтегрувала дані з датчиків доступу (відкриття дверей), систем контролю якості повітря та відеоспостереження безпосередньо на пульти диспетчерських служб, перетворює управління безпекою на реактивний процес. Це унеможливує миттєве реагування на критичні ситуації, коли укриття виявляються зачиненими або затопленими безпосередньо під час повітряної атаки.

Також слід вказати на нормативно-економічний дисбаланс. Державні будівельні норми тривалий час орієнтувалися на зведення капітальних споруд подвійного призначення, реалізація яких потребує колосальних капіталовкладень та тривалих термінів, недоступних для бюджетів громад в умовах війни. Це створює управлінський тупик, коли неможливість будувати «ідеальні» сховища призводить до відсутності будь-якого захисту. Необхідна дерегуляція та спрощення процедур для впровадження швидких інженерних рішень (габйонів, модульних блоків), які здатні забезпечити базовий рівень безпеки тут і зараз.

Аналіз стратегій країн НАТО вказує на необхідність переходу від пасивного захисту до моделі національної стійкості (Resilience) [3]. Це передбачає створення децентралізованої, багаторівневої екосистеми безпеки, де захисний елемент інтегровано в міський простір (зупинки-укриття, безпечні зони в паркінгах), а населення навчено чітким алгоритмам дій.

Існуюча модель цивільного захисту, успадкована від нормативної бази минулого століття, перебуває у стані глибокої концептуальної кризи і не здатна ефективно протидіяти сучасним ракетно-дроновим загрозам. Ключовою проблемою залишається критичний дисбаланс між мінімальним підльотним часом засобів ураження та тривалими алгоритмами евакуації до стаціонарних сховищ. Без термінового переходу до стратегії «оперативного захисту» (децентралізована мережа швидких укриттів, повна автоматизація доступу та масове практичне навчання населення) держава не зможе гарантувати реалізацію конституційного права громадян на життя в умовах сучасної війни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996. № 30, ст. 141. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text>
2. Про введення воєнного стану в Україні : Указ Президента України від 24.02.2022 № 64/2022. Указ затверджено Законом № 2102-IX від 24.02.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022#Text>
3. DHS Resilience Framework: Providing a roadmap for the Department in Operational Resilience and Readiness. Department of Homeland Security (USA). 2019. URL: https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/dhs_resilience_framework_july_2018_508.pdf
4. Bun, R., Marland, G., Oda, T., See, L., Puliafito, E., Nahorski, Z., Jonas, M., Kovalyshyn, V., Ialongo, I., Yashchun, O., Romanchuk, Z. (2024). Tracking unaccounted greenhouse gas emissions due to the war in Ukraine since 2022. Science of the total environment. 914. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.169879.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ МОДУЛЬНИХ УКРИТТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

*Нетепчук М. С.,
Босак П. В., к.т.н., доцент,
Дудко С. Ю.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У сучасній архітектурі національної безпеки України сфера цивільної безпеки посідає визначальне місце, виступаючи гарантом збереження людського потенціалу в умовах критичних загроз. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» надає обласним військовим адміністраціям широкі повноваження для реалізації заходів оборони [1, 2], динаміка сучасних бойових дій виявила системну кризу традиційних механізмів колективного захисту. Застосування противником тактики комбінованих ракетно-дронових ударів по густонаселених урбаністичних центрах створило ситуацію, коли класична модель «сигнал – евакуація до стаціонарного сховища» втрачає ефективність через критичний брак часу [5].

З позиції інженерної психології та безпеки життєдіяльності, найбільшим викликом для системи цивільного захисту стає щільна міська забудова. В умовах міста вулиці перетворюються на зони підвищеного аеродинамічного опору, де вибухова хвиля не затухає, а багаторазово відбивається від поверхонь, формуючи щільне поле вторинних уражаючих елементів (осколків скла, бетону, уламків фасадів). Саме цей чинник є причиною більшості травмувань серед цивільного населення, яке перебуває на відкритій місцевості під час тривоги. Відтак, забезпечення цивільної безпеки вимагає переходу від стратегії «глибокого укриття» до тактики «оперативного захисту», реалізація якої можлива через розгортання мережі швидкостпурджуваних модульних споруд.

Впровадження модульних укриттів є інженерною відповіддю на виклики сучасної війни, що дозволяє мінімізувати ризики для життя громадян у місцях їх масового перебування. На відміну від стаціонарних сховищ, модульні конструкції забезпечують гнучкість системи безпеки. Їх можна оперативно інтегрувати в інфраструктуру транспортних вузлів, рекреаційних зон та адміністративних кварталів, створюючи безпековий периметр у радіусі пішохідної доступності.

Важливим вектором підвищення ефективності цивільного захисту є економіко-логістична складова застосування модульних рішень. Індустріальний метод виготовлення захисних споруд у заводських умовах дозволяє забезпечити суворий контроль якості бетонної суміші та армування, що часто є недосяжним при монолітному будівництві безпосередньо на об'єкті під час війни. До того ж, типізація конструктивних елементів сприяє зниженню собівартості виробництва та скороченню інвестиційного циклу від проектування до встановлення.

З технічної точки зору модульне укриття – це спеціалізована інженерна споруда, вимоги до якої регламентуються національними стандартами. Відповідно до ДСТУ 9195:2022, такі об'єкти повинні забезпечувати захист від дії надмірного тиску у фронті повітряної ударної хвилі не менше ніж 100 кПа [3]. Для досягнення цих параметрів використовується важкий бетон високих класів міцності з посиленням армуванням, що унеможливує наскрізне пробиття уламками засобів ураження та утворення відколів на внутрішніх поверхнях стін, гарантуючи фізичну безпеку осіб, що укриваються. Окрім механічної міцності, висока теплова інерція такого бетону забезпечує стійкість до екстремальних температур під час пожеж, які часто супроводжують обстріли. Це затримує

поширення небезпечних чинників вогню всередину укриття, формуючи життєво необхідний часовий буфер для безпечної евакуації [4].

Важливим є також вплив архітектури безпеки на психоемоційний стан населення та подолання феномену «втоми від небезпеки». Саме тому модульні споруди виконують не лише фізичну захисну функцію, але й запобігають поширенню панічних настроїв у суспільстві. Перспективним напрямом розвитку цієї галузі є цифровізація захисних модулів та їх інтеграція в єдину автоматизовану систему оповіщення. Сучасні модульні укриття повинні оснащуватися системами дистанційного розблокування дверей, що спрацьовують синхронно з сигналом «Повітряна тривога», виключаючи людський фактор («закриті двері»). Встановлення датчиків контролю повітря, систем відеоспостереження та екстреного зв'язку перетворює бетонну конструкцію на високотехнологічний «*хаб безпеки*», що дозволяє рятувальним службам здійснювати моніторинг ситуації в режимі реального часу та ефективніше координувати дії під час надзвичайних ситуацій. Невід'ємною складовою сучасної безпекової інфраструктури є інклюзивність – забезпечення безбар'єрного доступу для маломобільних груп населення, що є показником цивілізованості суспільства навіть в умовах війни.

Таким чином, в умовах постійних ракетних загроз система цивільного захисту має бути максимально гнучкою та наближеною до людей. Використання швидкоспоруджуваних модульних укриттів вирішує головну проблему сьогодення – брак часу на пошук безпечного місця під час раптових обстрілів. Це практичне та ефективне рішення дозволяє створити надійний захист на вулицях міст вже зараз, не чекаючи завершення довготривалих будівництво. Впровадження такої мережі укриттів є прямим доказом того, що збереження людського життя залишається безумовним пріоритетом державної політики та основою нашої стійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про введення воєнного стану в Україні : Указ Президента України від 24.02.2022 № 64/2022. Указ затверджено Законом № 2102-IX від 24.02.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/64/2022#Text>
2. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12.05.2015 № 389-VIII. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 28, ст. 250. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>
3. ДСТУ 9195:2022 Швидкоспоруджувані захисні споруди цивільного захисту модульного типу. Основні положення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99454
4. Hulida, E., Parnak, I., Koval, O., Tryhuba, A. (2019). Determination of the Critical Time of Fire in the Building and Ensure Successful Evacuation of People. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 63(1). 308–316. DOI: 10.3311/ppci.12760.
5. Лоїк В., Бабаджанова О., Синельников О. Удосконалення та підвищення ефективності організації та проведення аварійно-рятувальних робіт в сучасних умовах. *Grail of Science*. 2024. № 39. С. 262–268. DOI: 10.36074/grail-of-science.10.05.2024.036.

ВАЛІДАЦІЯ МОДИФІКОВАНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНИХ ТОВЩИН ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ*Новак М. С.**Національний університет харчових технологій*

Одним із основних етапів створення нових або модифікації існуючих методів є їхня валідація, яка спрямована на визначення ступеню відповідності результатів, отримуваних за цими методами, дійсним показникам. Це стосується також модифікованих методів визначення необхідних товщин вогнезахисних покривів, призначених для сталевих конструкцій (балок і колон), опис яких подано в [1]. Ці методи є модифікованими до стандартизованих методів, наведених в EN 13381-4:2013 [2] і EN 13381-8:2013 [3], і призначені для визначення необхідних мінімальних товщин покриву на поверхні сталевих конструкцій, які мають бути для забезпечення збереженості їхньої несучої здатності (вогнестійкості) протягом певних нормованих проміжків часу впливу стандартного температурного режиму, зазначеного в EN 1363-1:2020 [4]. Ці методи не потребують виконання складних розрахунків із застосуванням спеціально створеного для них програмного забезпечення, що є прийнятним для їхнього практичного застосування. Ці розрахунки можуть виконуватись, наприклад, із застосуванням програми для роботи з електронними таблицями Microsoft Excel. Модифікація полягає у значному зменшенні кількості випробних зразків і звужуванні діапазону коефіцієнта поперечного перерізу сталевих конструкцій під час визначення теплових показників покриву.

У цьому дослідженні для валідації вищезазначених модифікованих методів запропоновано процедуру, що базується на проведенні імітаційного експерименту. Відповідно до цієї процедури розв'язанням прямих задач теплопровідності визначають експериментальні значення температур чотирьох сталевих колон (випробних зразків) з різними коефіцієнтами поперечного перерізу, оснащених покривом із заданими теплофізичними властивостями (коефіцієнтом теплопровідності й питомою об'ємною теплоємністю), в умовах теплового впливу за стандартного температурного режиму. Розв'язання цих прямих задач здійснюють за допомогою валідованого методу, в якому застосовано математичну модель теплопровідності, що враховує радіаційно-конвекційний теплообмін на обігрівній поверхні колон і кондуктивний теплообмін у їх внутрішніх шарах [5]. Розв'язання диференціальних рівнянь, що використовуються в цій математичній моделі, виконують методом скінченних різниць за неявної схеми апроксимації. Отримані дані щодо температури колон використовують для обчислення дійсних і розрахункових теплових показників покриву – наборів даних про дійсні $d_{p,ac}$ й розрахункові $d_{p,calc}$ товщини покриву, визначених для всіх комбінацій параметрів сталеві конструкції – її коефіцієнта поперечного перерізу, критичної температури і нормованого проміжку часу збереженості вогнестійкості. При цьому розрахункові теплові показники покриву визначають за модифікованим методом, а дійсні теплові показники – за валідованим методом, який дозволяє отримати більш точні розв'язки за допомогою застосування більш досконалої моделі. Визначають середнє квадратичний відхил F_d розрахункових від дійсних значень теплових показників покриву і кориговані величини розрахункової товщини покриву, за яких цей відхил є мінімальним, а також відповідні цьому мінімальному відхилю $F_{d,min}$ параметри моделі P_1 та P_2 , що дорівнюють середнє квадратичному відхилю F_t між усіма розрахунковими t_{calc} і експериментальними t_{exper} проміжками часу до досягнення критичних температур, отриманими для чотирьох колон, та відсотковій кількості окремих значень усіх відхилів, більших за нуль, відповідно. За отриманими коригованими розрахунковими тепловими показниками визначають

кориговані значення товщин покриву на чотирьох колонах $d_{p,calc,1}$, $d_{p,calc,2}$, $d_{p,calc,3}$, $d_{p,calc,4}$ для заданих проміжків часу теплового впливу і заданих критичних температур. Використовуючи ці кориговані значення товщин покриву, розв'язанням прямих задач теплопровідності визначають експериментальні температури колон і проміжки часу до досягнення на них заданих критичних температур та їхні відхили $\delta t_{fr,1}$, $\delta t_{fr,2}$, $\delta t_{fr,3}$, $\delta t_{fr,4}$ від заданих проміжків часу.

За цією процедурою валідації, використовуючи розроблене програмне забезпечення, виконано розрахунки для модифікованого методу, в якому прийнято, що коефіцієнт теплопровідності покриву є незалежним від температури. Визначення дійсних значень коефіцієнта теплопровідності й теплових показників покриву здійснювали розв'язанням оберненої й прямих задач теплопровідності за валідованим методом із застосуванням програмного забезпечення FRENД-2 [5]. Отримані значення відносних відхилів розрахункових значень від дійсних величин теплових показників покриву знаходяться в межах від $-3,52\%$ до $62,42\%$; $89,8\%$ їхньої загальної кількості, яка становить 461, не перевищує 10% , а $81,9\%$ – не перевищує 5% . Після здійснення мінімізації середнє квадратичного відхилення F_d значення цих відносних відхилів змінились таким чином: його максимальна величина зменшилась на $3,82\%$, а мінімальна – збільшилась на $2,23\%$. За отриманими даними щодо відхилів між проміжками часу t_{calc} і t_{exper} встановлено такі значення параметрів розрахункової моделі: $P_1 = 2,19\%$, $P_2 = 100\%$.

Визначено напрямки подальших досліджень, які орієнтовані на валідацію модифікованих методів визначення необхідних товщин вогнезахисних покривів, призначених для сталевих конструкцій, шляхом натурального експерименту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Новак М., Смітюх Я. Автоматизація керування тепловим станом сталевих конструкцій будівель харчової промисловості на основі валідації модифікованих методів визначення теплових показників їхніх вогнезахисних покривів. Наукові праці НУХТ. 2024. № 30(5). С. 7–24. DOI: 10.24263/2225-2924-2024-30-5-3.

2. 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.

3. EN 13381-8:2013 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 8: Applied reactive protection to steel members. European committee for standardization. Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels. 2013 CEN. 80 p.

4. 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.

5. Круковський П., Новак С., Поклонський В., Єременко С., Фролов Г. Оцінка вогнестійкості металевих будівельних конструкцій та вогнезахисної здатності покриттів (розрахунково-експериментальний підхід) (російською мовою), Київ: Франко Пак, 2021. 148 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА СЦЕНАРІЯМИ УМОВНОЇ ПОЖЕЖІ

Новак С. В.¹, к.т.н., с.н.с.,

Пустовий М. М.²,

Маладика І. Г.³, к.т.н., доцент,

¹Інститут наукових досліджень з цивільного захисту

Національного університету цивільного захисту України,

²Національний університет цивільного захисту України,

³Черкаський державний технологічний університет України

Згідно з Єврокодом 1 вогнестійкість будівельних конструкцій визначають за різними сценаріями пожежі [1]. Щодо сталевих балок та колон (далі – сталевих конструкцій) таку оцінку проводять за сценаріями реальної пожежі та за сценаріями умовної пожежі, у яких застосовуються різні номінальні температурні режими, у тому числі стандартний температурний режим та режими вуглеводневої та зовнішньої пожежі [1, 2]. Стосовно сталевих балок і колон (далі – сталевих конструкцій) таке визначення проводять за сценаріями реальної пожежі та за сценаріями умовної пожежі, в яких застосовуються різні номінальні температурні режими, зокрема стандартний температурний режим і режими вуглеводневої та зовнішньої пожежі [1, 2]. Найбільш поширеним для сталевих конструкцій є їхнє нормування та визначення вогнестійкості згідно зі сценарієм зі стандартним температурним режимом [1]. За цим сценарієм, було розроблено стандартизовані методи визначення вогнестійкості сталевих конструкцій, а також необхідної мінімальної товщини їх вогнезахисту (далі – товщини вогнезахисту). По цих методах за сценарієм зі стандартним температурним режимом визначено величини товщини різних систем вогнезахисту. Проте у деяких ситуаціях споживачам засобів вогнезахисту потрібно мати інформацію стосовно параметрів вогнезахисних засобів для сталевих конструкцій у сценаріях з іншими номінальними температурними режимами, ніж у стандартному – з режимами вуглеводневої й зовнішньої пожежі, які регламентовано в [3]. Одержання цих відомостей в експериментальний спосіб є зазвичай проблемним з огляду на необхідність значних додаткових витрат на випробування, особливо при оцінці за температурного режиму вуглеводневої пожежі, а наявні методи розрахунку потребують удосконалення.

Метою даного дослідження було визначити аналітичні залежності співвідношення значень товщини вогнезахисту за сценаріїв умовної пожежі за температурними режимами вуглеводневої та зовнішньої пожежі і її значень за стандартного температурного режиму від параметрів сталевих конструкцій, що є прийнятними для інженерних розрахунків. Для її досягнення були поставлені такі завдання:

– визначити співвідношення товщини вогнезахисту за сценаріями умовного пожежі за температурними режимами вуглеводневої і зовнішньої пожежі та товщини вогнезахисту за стандартного температурного режиму за різних значень коефіцієнта теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності застосовного вогнезахисного матеріалу, коефіцієнта поперечного перерізу, критичної температури та проміжку часу збереженості вогнестійкості сталевих конструкцій;

– здійснити апроксимацію одержаних розрахункових даних щодо зазначених співвідношень із застосуванням рівнянь регресії;

– оцінити прийнятність для інженерних розрахунків отриманих аналітичних залежностей стосовно співвідношення товщини вогнезахисту за різних сценаріїв умовної пожежі.

Дослідження проведено методом, складовими якого є чисельне моделювання теплового стану сталевих конструкцій за сценаріями умовної пожежі, апроксимація отриманих розрахункових значень із використанням регресійних моделей, а також порівняння цих значень з експериментальними.

За результатами проведеного дослідження визначено співвідношення товщини вогнезахисту за різними сценаріями умовної пожежі за різних величин коефіцієнта теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності вогнезахисного матеріалу, коефіцієнта поперечного перерізу, критичної температури та проміжку часу збереженості вогнестійкості сталевих конструкцій. Виявлено, що величина відносної різниці товщини вогнезахисту за сценаріями з температурним режимом вуглеводневої пожежі та стандартним температурним режимом знаходиться в межах від 5,7 % до 214 %, а за сценаріями з температурним режимом зовнішньої пожежі та стандартним температурним режимом – від 7,6 % до 64,7 % [4].

Встановлено, що за сценаріїв з температурними режимами вуглеводневого та зовнішнього пожеж із підвищенням коефіцієнта поперечного перерізу величина відносної різниці в товщині зменшується, а з підвищенням критичної температури – збільшується. Підвищення проміжку часу збереженості вогнестійкості за сценарієм з температурним режимом вуглеводневої пожежі призводить до зменшення величини цієї різниці, а за сценарієм з температурним режимом зовнішньої пожежі – до її збільшення. За цих сценаріїв пожежі з підвищенням коефіцієнта теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності вогнезахисного матеріалу величина різниці зменшується. Найбільше впливає на величину різниці проміжок часу збереженості вогнестійкості сталевих конструкцій, а найменше – питома об'ємна теплоємність вогнезахисного матеріалу.

Здійснено апроксимацію отриманих розрахункових даних стосовно зазначених співвідношень з використанням двох рівнянь лінійної регресії (щодо сценарію з температурним режимом вуглеводневої пожежі та щодо сценарію з температурним режимом зовнішньої пожежі). Встановлено, що отримані аналітичні залежності (моделі регресії) згідно зі значеннями коефіцієнта детермінації та критерію Фішера є якісними та адекватними і є прийнятними для інженерних розрахунків з прогнозування необхідної товщини пасивних і реактивних систем вогнезахисту сталевих конструкцій за сценаріями умовної пожежі за температурних режимів вуглеводневої та зовнішньої пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1991-1-2:2002/AC:2013 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire. European committee for standardization. Central Secretariat: rue de Stassart, 36, B-1050 Brussels. 2004. CEN. 61 p.
2. EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design. European committee for standardization. Central Secretariat: rue de Stassart, 36, B-1050 Brussels. 2005 CEN. 78 p.
3. EN 1363-2:1999 Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures. Central Secretariat: rue de Stassart, 36, B-1050 Brussels. 1999. CEN. 16 p.
4. Новак С., Пустовий М., Маладика І. Оцінювання необхідної товщини вогнезахисту сталевих конструкцій за сценаріями умовної пожежі. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2025. № 2 (20). С. 47–61.

РОЗРАХУНКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ МЕЖИ ВОГНЕСТІЙКОСТІ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ НА ОСНОВІ ДАНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Нуянзін О. М., д.т.н., професор,
Степаненко В. О., PhD,
Подольнець Я. В.,
Іваненко О. О.*

Національний університет цивільного захисту України

В роботі було оцінено межу вогнестійкості сталезалізобетонної плити розрахунковим методом на основі нагрівання фрагменту конструкції без прикладення механічного навантаження за стандартним температурним режимом пожежі в умовах малогабаритної вогневої печі, де були зафіксовані температурні значення в контрольних точках, необхідні для подальших розрахунків [1].

Методика призначена для визначення межі вогнестійкості плитних елементів сталезалізобетонних конструкцій за умови одностороннього теплового впливу [2]. Доцільно встановлювати по 4 термомпари на кожній із поверхонь плити – по 2 навпроти западин та виступів профілю. Таке саме розміщення передбачають і на рівні арматури. Також рекомендується передбачити одну контрольну точку у центрі перерізу плити по її середній лінії – цього достатньо для оцінювання якості відтворення температурного поля. Конфігурація зони залежить від параметрів профілю (його кроку та глибини), а також від товщини сталезалізобетонної плити.

Для визначення межі вогнестійкості залізобетонної плити, нагрітої у малогабаритній вогневій печі, необхідно враховувати: щохвилинні показники температури в контрольних точках, клас бетону та арматурної сталі, тип заповнювача, діаметр, кількість та розташування арматурних стержнів. Додатково фіксуються геометричні параметри перерізу, товщина захисного шару бетону, довжина балки та величина розподіленого навантаження.

Після виконання інтерполяції було отримано температурний розподіл по перерізу плити, який представлено на рис. 1. Ці дані є основою для подальшого розрахунку напружено-деформованого стану конструкції з урахуванням температурного впливу та зміни фізико-механічних властивостей матеріалів.

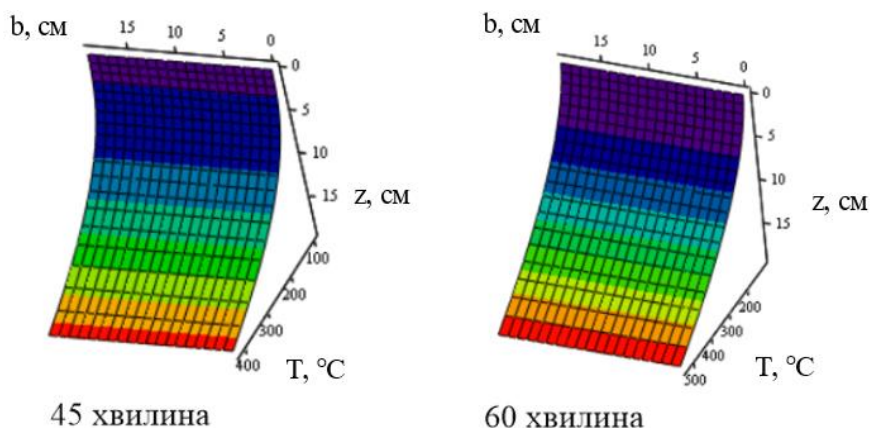


Рисунок 1 – Результати інтерполяції температур за значеннями температур у контрольних точках перерізу

У результаті проведеного розрахунку встановлено, що межа вогнестійкості не досягається протягом перших 60 хвилин впливу високої температури. При цьому залишковий ресурс несучої здатності конструкції становить 3 % від початкового.

На рис. 2 наведено графік зміни несучої спроможності плити, побудований на основі отриманих даних для заданих характеристик.

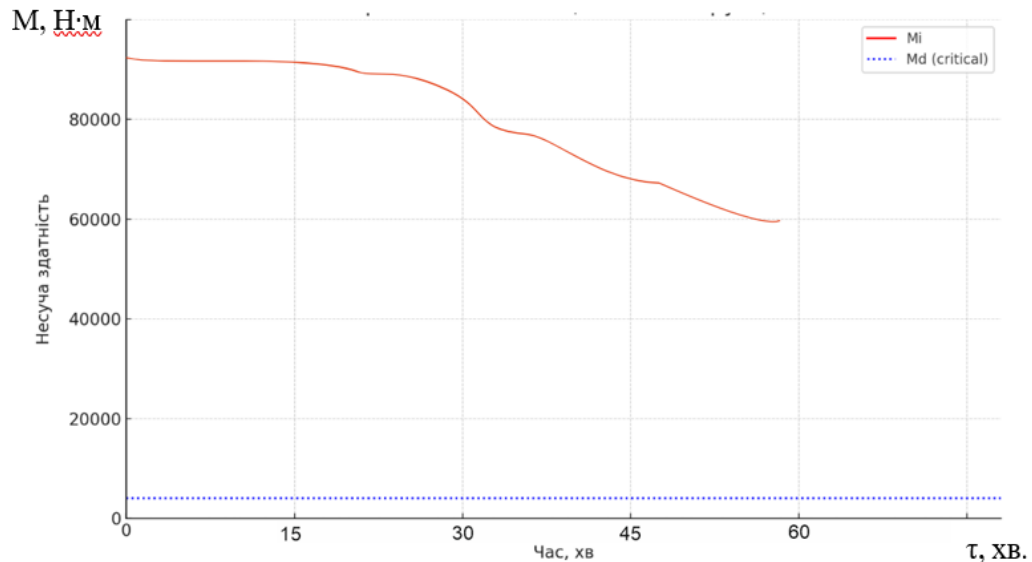


Рисунок 2 – Графік зниження несучої здатності плити за умов дії розподіленого навантаження $3,5 \text{ т/м}^2$, побудований на основі експериментально визначених температур у контрольних точках конструктивного елемента

На рис. 2 подано результати, отримані на основі температур прогрівання шарів плити, що відповідає характеристикам досліджуваного зразка під час експерименту. Також були враховані додаткові параметри – довжина плити та розподілене навантаження, передбачене проектом під час експлуатації конструкції в будівлі. Зміна цих параметрів дозволяє визначати межу вогнестійкості для плит з іншими габаритами та навантаженням.

За результатами подальшої інтерполяції визначено, що граничний стан втрати несучої здатності плити без прикладеного навантаження настає на 239-й хвилині стандартного пожежного впливу. Температура на необігріваній стороні зразка не перевищила $140 \text{ }^\circ\text{C}$, що свідчить про збереження теплоізоляційної здатності та цілісності конструкції протягом усього періоду моделювання. Межа вогнестійкості визначається за критерієм несучої здатності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Степаненко В. О., Нуянзін О. М., Перегін А. В., Кришталь Д. О., Копитін Д. Е. Результати прогріву сталезалізобетонних плит з гофрованим профілем під час теплового впливу пожежі. Збірник наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». 2024. № 2(40). С. 113–125. URL: <http://pes.nuczu.edu.ua/uk/arkhiv-nomeriv/11-ua-cat/455-stepanenko-v-o-nuyanzin-o-m-peregin-a-v-krishtal-d-o-kopitin-d-e-rezultati-progrivu-stalezalizobetonnikh-plit-z-gofrovanim-profilem-pid-chas-teplovogo-vplivu-pozhezhi>
2. ДСТУ EN 1363-2:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 2. Альтернативні і додаткові процедури (EN 1363-2:1999, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=103325

ГІБРИДНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СФЕРИЧНИХ ЧАСТИНОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ DEM ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Пастернак В. В., к.т.н., доцент

Волинський національний університет імені Лесі Українки

Моделювання динаміки та взаємодія сферичних елементів є однією з ключових задач сучасної обчислювальної механіки, фізики гранулярних середовищ та інженерних застосувань, що використовуються у матеріалознавстві, гірничій промисловості, фармацевтичній та хімічній промисловості [1, 2]. Сферичні частинки широко використовуються як базові елементи моделі у чисельних дослідженнях [3, 4]. Найбільш поширеним підходом до дослідження таких систем є дискретне моделювання (DM), яке базується на прямому чисельному розв'язуванні рівнянь руху сферичних елементів із урахуванням зовнішніх та внутрішніх сил [5], сили тертя [6] та демпфування [7]. Незважаючи на високу фізичну обґрунтованість, класичні фізично-орієнтовані симуляції характеризуються значними обчислювальними витратами, особливо при моделюванні систем із великою кількістю елементів або при необхідності багаторазових параметричних досліджень [8, 9].

У зв'язку із цим актуальним напрямом сучасних досліджень є розробка гібридних систем моделювання, які поєднують фізичні симуляції з інтелектуальними та наближеними обчислювальними підходами [10, 11, 12]. Такі системи дозволяють зберігати фізичну інтерпретованість результатів, водночас суттєво підвищуючи обчислювальну ефективність, а також масштабованість моделей [13, 14, 15]. На рис. 1 представлено гібридну систему моделювання сферичних елементів.

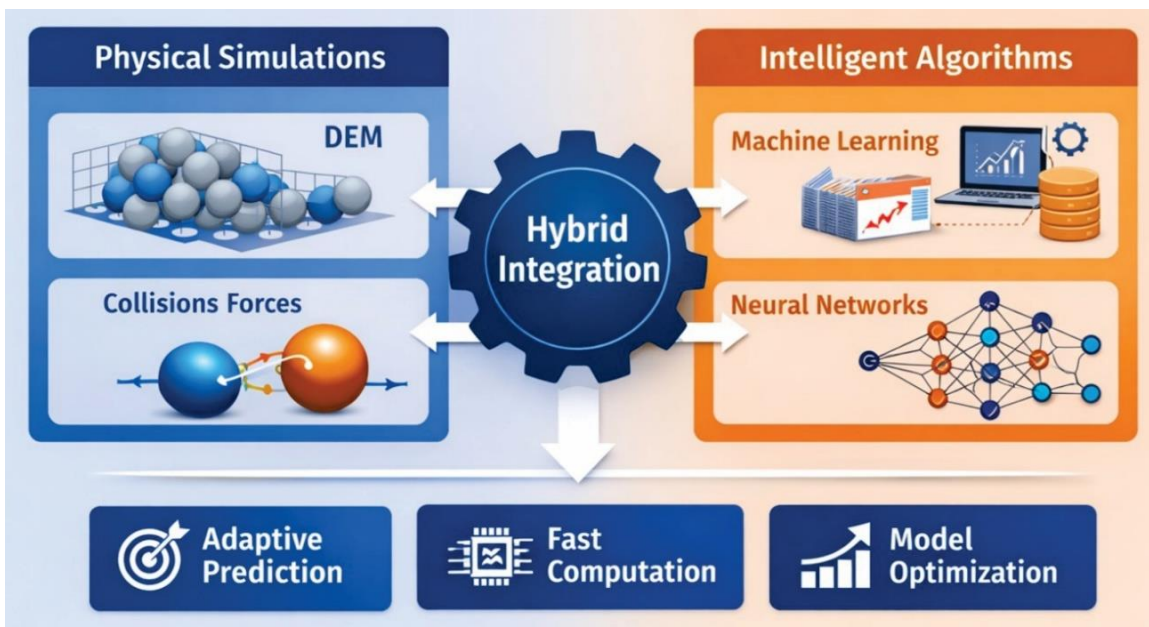


Рисунок 1 – Гібридна система моделювання елементів

Представлена система моделювання має модульну структуру та відображає чітку логіку взаємодії між її основними компонентами, зокрема:

1. **Physical Simulations** (ліва частина). Ліва частина схеми представляє фізично-орієнтований рівень моделювання, який базується на фундаментальних законах механіки. А саме:

– **DEM (Discrete Element Method)**, цей блок описує чисельне моделювання руху сферичних елементів як окремих тіл. Для кожної частинки розв'язуються рівняння поступального та обертального руху з урахуванням маси, моменту інерції та зовнішніх впливів. DEM забезпечує високу фізичну достовірність симуляцій і використовується як базове джерело еталонних даних;

– **Collisions and Forces**, у цьому блоці показано контактну взаємодію сферичних елементів. Враховуються нормальні та дотичні сили, сили тертя, демпфування та імпульсні ефекти при зіткненнях. Саме цей рівень визначає локальну динаміку системи та формує складні нелінійні процеси, які є обчислювально затратними.

2. **Intelligent Algorithms** (права частина), права частина схеми відображає **інтелектуальний рівень**, який відповідає за прискорення обчислень і узагальнення поведінки системи. А саме:

– **Machine Learning** (цей блок символізує використання алгоритмів машинного навчання для апроксимації результатів фізичних симуляцій. Моделі навчаються на даних DEM і здатні швидко прогнозувати показники сили, траєкторії або еволюцію системи без повного фізичного розрахунку);

– **Neural Networks** (нейронні мережі використовуються для виявлення прихованих закономірностей у динаміці сферичних елементів, зокрема при складних режимах контакту або великій кількості частинок. Вони можуть замінювати окремі підмоделі фізичної симуляції або працювати як коригувальний модуль);

3. **Hybrid Integration** (центральний елемент системи) – є ключовим компонентом системи. Він забезпечує двосторонній обмін даними між фізичними симуляціями та інтелектуальними алгоритмами, зокрема:

– результати DEM використовуються для навчання та валідації інтелектуальних моделей;

– прогнози машинного навчання застосовуються для прискорення або спрощення фізичних розрахунків;

– зберігається фізична інтерпретованість результатів при зменшенні обчислювальних витрат.

Таким чином, гібридна інтеграція поєднує точність фізичних моделей із швидкістю інтелектуальних підходів.

4. Результуючі можливості гібридної системи (нижня частина). У нижній частині розробленої системи показано ключові переваги гібридної системи, а саме:

– **Adaptive Prediction** (адаптивне прогнозування поведінки сферичних елементів у змінних умовах);

– **Fast Computation** (суттєве скорочення часу обчислень порівняно з чисто фізичними симуляціями);

– **Model Optimization** (можливість оптимізації параметрів моделі та умов симуляції на основі отриманих даних).

Таким чином, розроблена гібридна система моделювання елементів забезпечує ефективне поєднання фізичних симуляцій із інтелектуальними обчислювальними модулями, що дозволяє суттєво зменшити обчислювальні витрати без втрати точності опису динаміки сферичних частинок з відхиленням $\pm 2\%$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Shapoval, S. (2023). Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium, in Particular: Round, Triangular, Square Shapes. Defect and Diffusion Forum. 428. 27–35.

2. Pasternak, V., Ruban, A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 37–45.
3. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 47–56.
4. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. *Materials Science Forum.* 1126. 131–141.
5. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. *Advances in Science and Technology.* 156. 117–125.
6. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. 2024. Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). *Advances in Science and Technology.* 156. 127–136.
7. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. *Advances in Science and Technology.* 156. 3–13.
8. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. *Advances in Science and Technology.* 156. 15–25.
9. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. *Advances in Science and Technology.* 156. 27–37.
10. Pasternak, V., Ruban, A., Kovalchuk, V., Zemlianskyiy, O., Telak, O. (2025). Development of a Computer-Simulation Model for Particle Filling Based on Molecular Dynamics. *Key Engineering Materials.* 1029. 93–103.
11. Pasternak, V., Ruban, A., Matukhno, V., Oliinyk, T. (2025). Modeling the Behavior of Spherical Particles Using the Discrete Element Method (DEM). *Materials Science Forum.* 1171. 93–103.
12. Pasternak, V., Ruban, A., Bazaliiev, D., Pasynchuk, K., Telak, J. (2025). Testing Micro- and Nanoparticles in a Dynamic Environment. *Key Engineering Materials.* 1029. 69–80.
13. Pasternak, V., Ruban, A., Polishchuk, D., Bilotil, O., Stawicki, R. (2025). Application of Numerical Methods for the Analysis of Particle Agglomeration and Dispersing Processes. *Key Engineering Materials.* 1029. 107–117.
14. Pasternak, V., Ruban, A., Popovych, V., Khramov, M. (2025). Application of Information Technologies in Modeling Multi-Component Systems with Particles of Various Geometry. *Materials Science Forum.* 1172. 101–111.
15. Pasternak, V., Sulym, H., Korniiichuk, A., Pasternak, I. (2026). A Spectral Approach for Fast Evaluation of 3D Thermomagnetoelastic Green's Functions and Their Derivatives in the Boundary Element Method. *Engineering Analysis with Boundary Elements.* 184. 106647.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ В СЕРЕДОВИЩІ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Пастернак В. В., к.т.н., доцент

Волинський національний університет імені Лесі Українки

Сучасний етап розвитку науки й інженерії характеризується стрімким зростанням складності досліджуваних об'єктів і процесів, що зумовлює необхідність застосування високоточних чисельних методів та ефективних засобів обробки й аналізу великих обсягів даних [1, 2]. Особливої актуальності набувають задачі чисельного моделювання систем, що складаються з великої кількості елементів або частинок різної геометричної форми, взаємодія яких визначає макроскопічні властивості матеріалів і конструкцій [3, 4]. Такі системи є характерними для широкого спектра прикладних галузей, зокрема матеріалознавства, механіки суцільних і дискретних середовищ, адитивного виробництва, геомеханіки, біоінженерії та порошкових технологій [5, 6]. У цьому контексті особливу роль відіграють інформаційні системи, які забезпечують інтеграцію чисельних моделей, засобів обробки даних та інтелектуальних алгоритмів у єдине програмно-апаратне середовище [7, 8]. Інформаційні системи в чисельному моделюванні виконують функції не лише зберігання та управління даними, але й автоматизації обчислювальних експериментів, керування параметрами моделей, аналізу результатів та підтримки прийняття рішень [9, 10]. Таким чином, чисельне моделювання елементів різної форми дедалі більше розглядається не як ізольований обчислювальний процес, а як складова комплексної інформаційної системи [11, 12]. На рис. 1 представлено сіткові (mesh) моделі частинок складної геометрії, сформовані на основі ПЗ Abaqus.

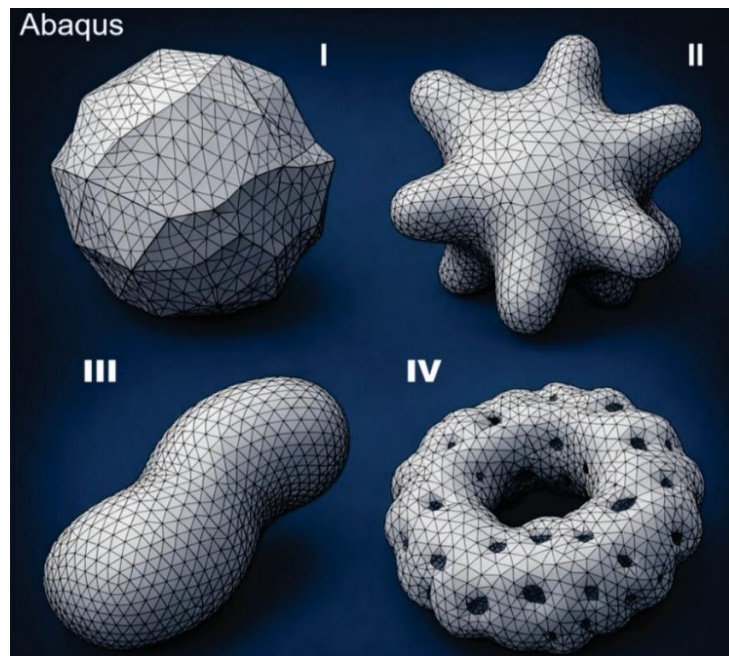


Рисунок 1 – Моделювання часток на основі генерації ПЗ Abaqus

Слід відмітити, що моделі частинок, сформовані на основі трикутної дискретизації поверхні. Такий підхід є одним із базових у чисельному моделюванні, оскільки дозволяє апроксимувати довільні форми, а саме: багатогранні, зіркоподібні, подовжені (обтічні), тороїдальні з необхідною точністю шляхом розбиття безперервної поверхні на скінченну

кількість простих геометричних елементів. Трикутна сітка є універсальною, оскільки забезпечує коректне представлення як опуклих, так і неопуклих форм, включаючи частинки з локальними нерівностями, виступами та порожнинами. Таким чином, представлений набір різних форм частинок демонструє можливості сіткового підходу щодо опису як опуклих, так і неопуклих елементів, а також частинок із внутрішніми порожнинами, що підтверджує універсальність використаних методів генерації геометрії/форми для задач чисельного моделювання складних багато-фізичних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. *Defect and Diffusion Forum*. 428. 47–56.
2. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. *Materials Science Forum*. 1126. 131–141.
3. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. *Advances in Science and Technology*. 56. 117–125.
4. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). *Advances in Science and Technology*. 156. 127–136.
5. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. *Advances in Science and Technology*. 156. 3–13.
6. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. *Advances in Science and Technology*. 156. 15–25.
7. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. *Advances in Science and Technology*. 156. 27–37.
8. Pasternak, V., Ruban, A., Kovalchuk, V., Zemlianskyiy, O., Telak, O. (2025). Development of a Computer-Simulation Model for Particle Filling Based on Molecular Dynamics. *Key Engineering Materials*. 1029. 93–103.
9. Pasternak, V., Ruban, A., Matukhno, V., Oliinyk, T. (2025). Modeling the Behavior of Spherical Particles Using the Discrete Element Method (DEM). *Materials Science Forum*. 1171. 93–103.
10. Pasternak, V., Ruban, A., Bazaliiev, D., Pasynchuk, K., Telak, J. (2025). Testing Micro- and Nanoparticles in a Dynamic Environment. *Key Engineering Materials*. 1029. 69–80.
11. Pasternak, V., Ruban, A., Polishchuk, D., Bilotil, O., Stawicki, R. (2025). Application of Numerical Methods for the Analysis of Particle Agglomeration and Dispersing Processes. *Key Engineering Materials*. 1029. 107–117.
12. Pasternak, V., Sulym, H., Korniiichuk, A., Pasternak, I. (2026). A Spectral Approach for Fast Evaluation of 3D Thermomagnetoelastic Green's Functions and Their Derivatives in the Boundary Element Method. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. 184. 106647.

МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОФІЗИЧНОЇ ДИНАМІКИ ЧАСТИНОК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ЛАТЕНТНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПРЕДСТАВЛЕНЬ

Пастернак В. В.¹, к.т.н., доцент,

Рубан А. В.², к.держ.упр., доцент

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки,

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сучасний етап розвитку обчислювальної науки та інженерії характеризується зростаючою потребою у високоточному моделюванні динаміки частинок у складних багатофізичних середовищах. Такі середовища поєднують механічні, теплові, гідродинамічні, електромагнітні та хімічні процеси, взаємодія яких суттєво впливає на поведінку дисперсних систем [1, 2, 3]. Моделювання частинок різної форми – від простих сферичних до складних багатограних та нерегулярних геометрій – є ключовим завданням у багатьох галузях науки й техніки, зокрема в механіці суцільних середовищ, матеріалознавстві, геофізиці, фармацевтичній промисловості, адитивних технологіях та процесах гранульованих середовищ [4, 5]. Традиційні числові підходи, такі як метод дискретних елементів (DEM), метод скінченних елементів (FEM) та обчислювальна гідродинаміка (CFD), демонструють високу ефективність при моделюванні систем з обмеженою кількістю частинок простої форми [6, 7]. Проте зі зростанням складності геометрії частинок і фізичних взаємодій ці методи «зустрічаються» з істотними обчислювальними витратами, труднощами параметризації та обмеженою здатністю до узагальнення результатів [8]. Особливо гостро ці проблеми проявляються у багатофізичних середовищах, де необхідно одночасно враховувати контактні сили, тертя, деформації, тепло- та масообмін, а також взаємодію з навколишнім полем [9, 10]. На рис. 1 представлено концептуальну схему інтеграції VAE у модель динаміки частинок.

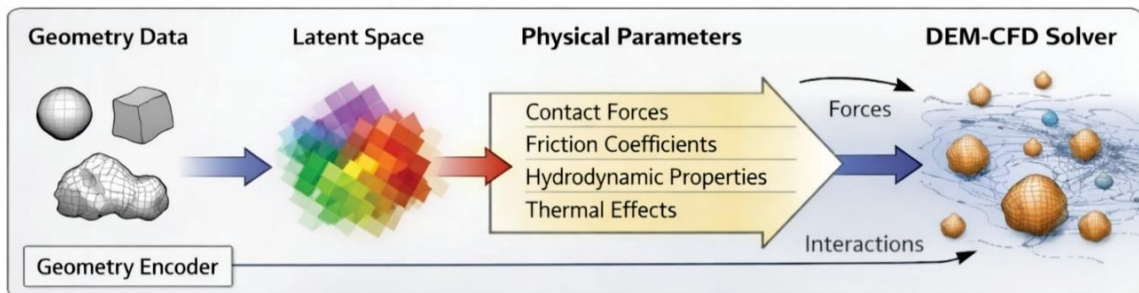


Рисунок 1 – Концептуальна схема інтеграції VAE у модель динаміки частинок, де: блок *Geometry Encoder* → *Latent Space* → *Physical Parameters* → *DEM-CFD Solver*

Слід відмітити, що розроблена інтелектуальна модель включає в себе три взаємопов'язані рівні: 1) геометричний рівень – подання форми частинки у високорозмірному просторі та її кодування у латентний простір; 2) динамічний рівень – опис поступального та обертального руху частинок; 3) багатофізичний рівень – урахування впливу середовища (флюїду, теплового поля тощо).

У свою чергу, рух i -ї частинки описується рівняннями (1 та 2) поступальної та обертальної динаміки, зокрема:

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = \sum F_i^c + F_i^f + F_i^g + F_i^{ext} \quad (1)$$

$$I_i \frac{dw_i}{dt} = \sum M_i^c + M_i^f \quad 2)$$

де: m_i – маса частинки (мкм); v_i – швидкість поступального руху; w_i – кутова швидкість; I_i – тензор інерції; F_i^c, M_i^c – контактні сили та моменти; F_i^f, M_i^f – сили взаємодії із середовищем; F_i^g – сила тяжіння.

Слід відмітити, що проведене експериментальне дослідження підтверджує ефективність інтеграції VAE у DEM-моделювання для керованого створення частинок із заданими властивостями та оптимізації багатофізичних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Shapoval, S. (2023). Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium, in Particular: Round, Triangular, Square Shapes. Defect and Diffusion Forum. 428. 27–35.
2. Pasternak, V., Ruban, A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. Defect and Diffusion Forum. 428. 37–45.
3. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Otrosh, Yu., Romin, A. (2022). Software Modeling Environment for Solving Problems of Structurally Inhomogeneous Materials. Materials Science Forum. 1068. 215–222.
4. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. Defect and Diffusion Forum. 428. 47–56.
5. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. Materials Science Forum. 1126. 131–141.
6. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. Advances in Science and Technology. 156. 117–125.
7. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). Advances in Science and Technology. 156. 127–136.
8. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. Advances in Science and Technology. 156. 3–13.
9. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. Advances in Science and Technology. 156. 15–25.
10. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. Advances in Science and Technology. 156. 27–37.

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СКЛАДНОЇ ФОРМИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Пастернак В. В.¹, к.т.н., доцент,

Рубан А. В.², к.держ.упр., доцент

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки,

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Гранулярні системи є об'єктом інтенсивних наукових досліджень у фізиці, механіці суцільних середовищ, матеріалознавстві, комп'ютерних науках, хімічній та гірничій інженерії, оскільки вони широко представлені як у природних процесах, так і в численних промислових застосуваннях. Поведінка таких систем визначається складними колективними взаємодіями великої кількості елементів/частинок, що перебувають у контакті, взаємодіють через сили тертя, зіткнення та деформації. Одним із ключових чинників, що істотно впливають на макроскопічні властивості гранулярних середовищ, є геометрія окремих елементів/частинок [1], зокрема їх форма [2], розміри [3], орієнтація та топологічні особливості [4, 5]. Зокрема, частинки складної форми (багатогранники) є найбільш універсальним класом геометричних моделей частинок, оскільки дозволяють відтворювати широкий спектр форм із плоскими гранями, ребрами та вершинами. Такий підхід забезпечує високий рівень геометричної точності та дає змогу моделювати ефекти зачеплення, блокування та складні контактні конфігурації, що мають вирішальне значення для багатьох гранулярних процесів [6, 7].

Водночас використання багатогранних частинок пов'язане зі значними обчислювальними труднощами, оскільки контактні взаємодії можуть реалізовуватися за різними сценаріями (грань-грань, грань-ребро, ребро-вершина тощо). А це у свою чергу суттєво ускладнює реалізацію чисельних алгоритмів і обмежує застосування таких моделей у великомасштабних симуляціях [8, 9, 10]. Саме тому багатогранні частинки часто розглядаються як еталонні моделі для оцінки точності спрощених геометричних підходів [11, 12]. На рис. 1 змодельовано геометричне представлення багатогранних частинок.

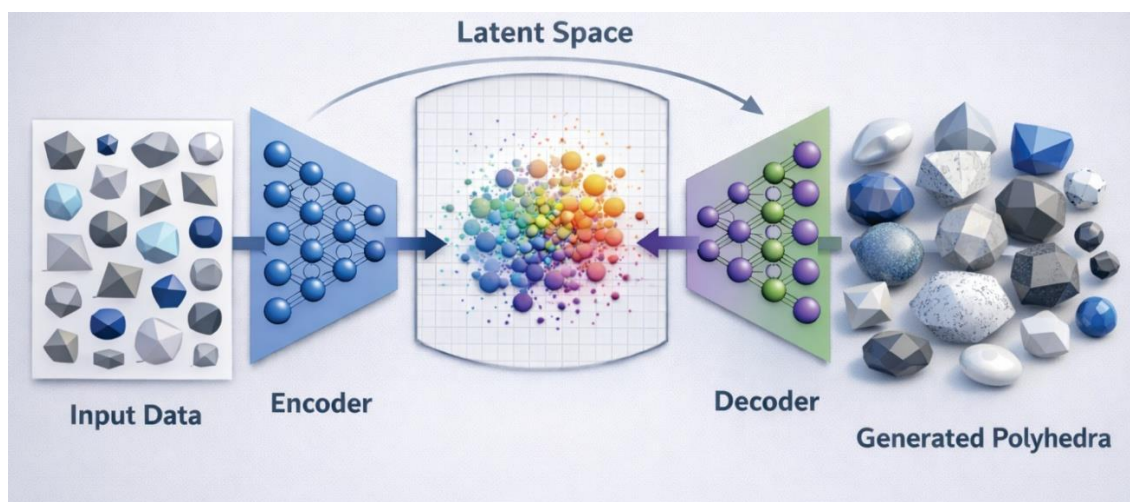


Рисунок 1 – Геометричне моделювання багатогранників

Слід відмітити, що у контексті машинного навчання класи частинок різної форми – сферичні, еліпсоїдальні та багатогранні – утворюють природну ієрархію зростання

геометричної складності. Використання генеративних моделей, зокрема варіаційних автокодерів (VAE), дозволяє представити ці різноманітні класи частинок у єдиному латентному просторі. Такий підхід забезпечує можливість плавного та безперервного переходу між різними класами геометричних форм, що відкриває нові перспективи для аналізу впливу форми частинок на їхню динаміку у гранулярних системах. Крім того, інтеграція латентного простору у чисельні моделі дозволяє здійснювати кероване параметричне моделювання, оптимізувати властивості частинок та досліджувати складні багатофізичні взаємодії у дисперсних середовищах, що значно підвищує точність і гнучкість симуляційних експериментів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Shapoval, S. (2023). Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium, in Particular: Round, Triangular, Square Shapes. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 27–35.
2. Pasternak, V., Ruban, A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 37–45.
3. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Otrosh, Yu., Romin, A. (2022). Software Modeling Environment for Solving Problems of Structurally Inhomogeneous Materials. *Materials Science Forum.* 1068. 215–222.
4. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. *Defect and Diffusion Forum.* 428. 47–56.
5. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. *Materials Science Forum.* 1126. 131–141.
6. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. *Advances in Science and Technology.* 156. 117–125.
7. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). *Advances in Science and Technology.* 156. 127–136.
8. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. *Advances in Science and Technology.* 156. 3–13.
9. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. *Advances in Science and Technology.* 156. 15–25.
10. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. *Advances in Science and Technology.* 156. 27–37.
11. Pasternak, V., Ruban, A., Kovalchuk, V., Zemlianskyiy, O., Telak, O. (2025). Development of a Computer-Simulation Model for Particle Filling Based on Molecular Dynamics. *Key Engineering Materials.* 1029. 93–103.
12. Pasternak, V., Ruban, A., Matukhno, V., Oliinyk, T. (2025). Modeling the Behavior of Spherical Particles Using the Discrete Element Method (DEM). *Materials Science Forum.* 1171. 93–103.

МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНИХ СИЛ У ГРАНУЛЯРНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ DEM ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Пастернак В. В.¹, к.т.н., доцент,

Рубан А. В.², к.держ.упр., доцент

¹Волинський національний університет імені Лесі Українки,

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У сучасних інженерних і наукових дослідженнях гранулярних та дискретних середовищ дедалі більшої уваги набувають задачі моделювання взаємодії частинок різного розміру [1]. Такі системи широко представлені у гірничій промисловості, фармацевтиці, хімічній інженерії, будівельних матеріалах, адитивному виробництві та багатьох інших галузях [2, 3], де поведінка матеріалу на макрорівні визначається мікроскопічними контактними та взаємодіями між окремими частинками. Геометрична форма частинок, зокрема сферична [4], суттєво впливає на кінематику руху, орієнтацію, контактні сили, механізми ущільнення, передачу навантажень і т.д. у дискретних системах [5]. Слід відмітити, що останні досягнення у сфері штучного інтелекту та глибинного навчання відкривають нові можливості для прискорення чисельного моделювання складних фізичних процесів [6, 7]. Зокрема, нейронні мережі здатні апроксимувати нелінійні залежності між геометричними, кінематичними та силовими параметрами взаємодії частинок, навчаючись на результатах високоточного DEM-моделювання або експериментальних даних [8, 9]. Такий підхід дозволяє створювати сурогатні моделі, які забезпечують швидке прогнозування контактних сил, моментів, зон контакту та параметрів руху частинок у режимі, близькому до реального часу [10]. На рисунку 1 продемонстровано моделювання сфер із використанням нейронних мереж.

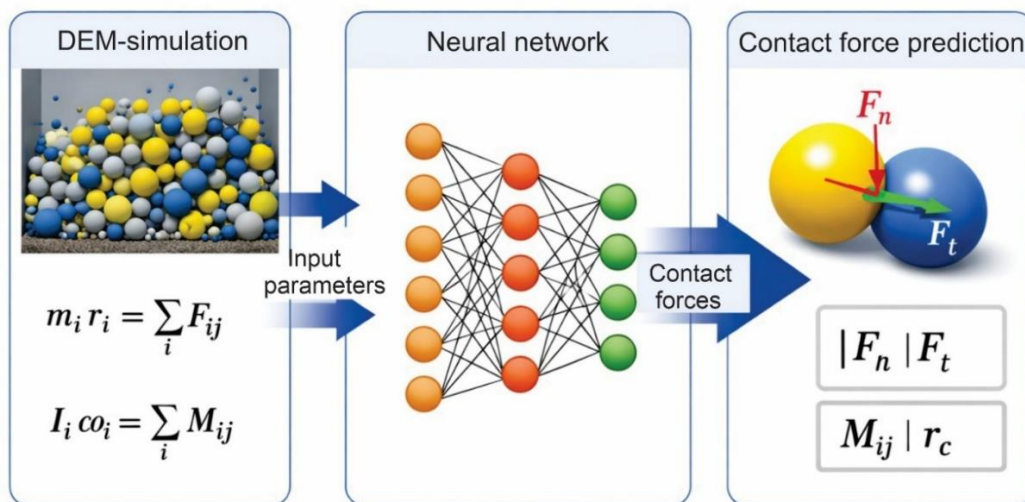


Рисунок 1 – Моделювання сфер із використанням нейронних мереж

Отримані експериментальні дані проведеного моделювання схематично відображають концепцію поєднання класичного дискретно-елементного моделювання з методами штучного інтелекту для прогнозування контактної взаємодії сферичних частинок. Ліва частина експерименту відповідає DEM-симуляції, де показано систему сферичних частинок різного розміру, що взаємодіють в обмеженому об'ємі. У цьому блоці відображено класичні рівняння руху частинок – сфер, які описують поступальний та обертальний рух під дією контактних сил і моментів. У свою чергу, DEM-модель формує набір фізичних параметрів, таких як координати центрів мас, швидкості, маси та контактні

характеристики, які використовуються як вхідні дані. У центральній частині проведеного моделювання представлено нейронну мережу, що виконує роль сурогатної моделі. Вхідні параметри з DEM-симуляції подаються на вхід багатопарової нейронної мережі, яка шляхом навчання на чисельних даних встановлює нелінійний зв'язок між кінематичним станом частинок та їх контактною взаємодією. Архітектура мережі процесу моделювання ілюструє процес обробки інформації у прихованих шарах і відбувається процедура формування параметрів для прогнозування на виході. Права частина представленого моделювання відображає прогнозування контактних сил, отриманих за допомогою нейронної мережі. Тут схематично показано взаємодію двох сфер із виділенням нормальної F_n та тангенціальної нормалі F_t , як основних складових контактної сили, а також пов'язаних з ними моментів. Таким чином, нейронна мережа дозволяє швидко визначати ключові контактні характеристики без явного розв'язування складних контактних алгоритмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. *Materials Science Forum*. 1126. 131–141.
2. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. *Advances in Science and Technology*. 156. 117–125.
3. Pasternak, V., Ruban A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). *Advances in Science and Technology*. 156. 127–136.
4. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. *Advances in Science and Technology*. 156. 3–13.
5. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. *Advances in Science and Technology*. 156. 15–25.
6. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. *Advances in Science and Technology*. 156. 27–37.
7. Pasternak, V., Ruban, A., Bazaliiev, D., Pasynchuk, K., Telak, J. (2025). Testing Micro- and Nanoparticles in a Dynamic Environment. *Key Engineering Materials*. 1029. 69–80.
8. Pasternak, V., Ruban, A., Polishchuk, D., Bilotil, O., Stawicki, R. (2025). Application of Numerical Methods for the Analysis of Particle Agglomeration and Dispersing Processes. *Key Engineering Materials*. 1029. 107–117.
9. Pasternak, V., Ruban, A., Kovalchuk, V., Zemlianskyiy, O., Telak, O. (2025). Development of a Computer-Simulation Model for Particle Filling Based on Molecular Dynamics. *Key Engineering Materials*. 1029. 93–103.
10. Pasternak, V., Sulym, H., Korniiichuk, A., Pasternak, I. (2026). A Spectral Approach for Fast Evaluation of 3D Thermomagnetoelastic Green's Functions and Their Derivatives in the Boundary Element Method. *Engineering Analysis with Boundary Elements*. 184. 106647.

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПЕРЕВІРКУ ВНУТРІШНІХ МЕРЕЖ НА ВОДОВІДДАЧУ

*Петухова О. А., к.т.н., доцент,
Трипольська К. С.*

Національний університет цивільного захисту України

Випробування мереж протипожежного водопроводу на водовіддачу є обов'язковим у мирний час, а під час війни може бути життєвонеобхідним. Для будь-яких мереж (зовнішніх або внутрішніх, роздільних або об'єднаних, та ін.) при прийнятті до експлуатації проводять визначення їх пропускної здатності, а якщо мережі призначені подавати воду на пожежогасіння, то і визначення фактичної кількості води, яку з них можна забрати на пожежогасіння у будь-яку годину протягом року [1]. В подальшому у процесі експлуатації зовнішні мережі підлягають випробуванням на водовіддачу щорічно, а внутрішні мережі лише перевіряються на працездатність пуском води. Таким чином, визначення можливості внутрішніх мереж забезпечити подачу необхідної кількості води для успішного гасіння пожежі в середині будівлі, є важливою задачею при прийнятті таких мереж до експлуатації.

На сьогодні відомо багато приладів, які дозволяють визначити кількість води, що можна забрати з мережі: ствол-водомір, трубка Піто, пристрій «СВ», бак визначеного об'єму, тарована колонка, показання манометру пожежного насоса та інші. Більшість з приладів можна використовувати для випробувань на водовіддачу внутрішніх мереж (окрім тарованої колонки та показань манометру пожежного насоса).

При використанні ствола-водоміра, трубки Піто та пристрою «СВ» знімаються показання манометру, який встановлений на корпусі приладу, а далі визначена величина перераховується у витрату води. Обґрунтування того, що при використанні перелічених приладів при русі води через них зі зливом із ствола, показання манометра, які перераховуються у витрати води, дійсно відповідають водовіддачі мережі, базується на аналізі рівняння Д. Бернуллі з урахуванням рівняння нерозривності потоку [2]. Але на практиці дуже часто при проведенні випробувань на водовіддачу внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ) використовують прилад, який подібний пристрою «СВ», але відрізняється від нього тим, що з одного боку корпусу встановлюється заглушка, тобто при вимірюваннях злив води не відбувається. Аналіз зв'язку між показаннями манометра та витратою води без її зливу показав, що визначені за допомогою приладу з заглушкою витрати води не є водовіддачею водопровідної мережі і при гасінні пожежі не доцільно спиратись на їх значення.

Використання об'ємного способу для внутрішнього водопроводу ускладнюється тим, що для врахування коливань роботи мережі та визначення само фактичних витрат води з неї, рекомендується використовувати бак об'ємом не менш $0,5 \text{ м}^3$, що не завжди можливо організувати на верхньому поверсі будівлі. На практиці такі негаразди частіше за все долають тим, що проводять вимірювання використовуючи пожежні кран-комплекти (ПКК) найближчі до розташування ємності (найчастіше це ПКК першого поверху), або використовують ємність об'ємом значно меншим того, що рекомендовано. Таким чином, визначені витрати води не є водовіддачею мережі.

При організації випробувань на водовіддачу ВПВ важливим є правильно обрати час та місце проведення випробувань [3]. Це впливає на те, чи будуть визначені витрати води, які реально можна буде забрати з мережі в будь-який час її експлуатації та використати їх на гасіння пожежі. Виходячи з цього, при визначенні часу проведення випробувань необхідно вивчити графіки водовідбору води всіма споживачами, що приєднані до цієї мережі, графік водовідбору з ділянки зовнішнього водопроводу, до

якого приєднаний ВПВ, а також режим роботи та принцип побудування насосної станції, що забезпечує подачу води до цієї ділянки зовнішнього водопроводу. Вибір місця проведення випробувань ускладнюється тим, що при випробуваннях ВПВ необхідно задіяти ПКК у кількості, що дорівнює нормативній кількості струменів на кожен пункт приміщення. Само така організація випробувань може надати відповідь про можливість (або неможливість) успішного пожежогасіння з мережі ВПВ [4]. Розташування обраних ПКК повинно бути найгіршим з точки зору створення тиску та подачі води до них, тобто приймаються ті ПКК, які знаходяться у диктуючій точці мережі – найвіддаленіші від введення.

Таким чином, основними факторами, що впливають на перевірку внутрішніх мереж на водовіддачу є: вибір та правильне використання приладів при проведенні випробувань; вибір часу та місця проведення випробувань; правильне визначення кількості та місцерозташування ПКК, що необхідно задіяти при проведенні випробувань. Врахування цих факторів забезпечить визначення фактичної витрати води, яку можна забрати з мережі для використання її на гасіння пожежі в години найгіршого водозабезпечення. Відповідно, при виникненні пожежі в інші години – мережа зможе забезпечити подачу не менш визначеної кількості води, що гарантує успішне пожежогасіння при використанні ВПВ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петухова О. А., Білаш Є. А. Перевірка протипожежного водопроводу як запорука успішного пожежогасіння : матеріали XII міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації». Баку – Харків – Бельсько-Бяла, 2024. 59 с. DOI: 10.32620/PI.24.t3.

2. Петухова О. А., Андронов В. А., Горносталь С. А., Черпаха Р. Е. Протипожежне водопостачання: підручник. Харків : Друкарня Мадрид, 2022. 280 с.

3. Петухова О. А. Особливості перевірки протипожежного водопроводу : матеріали II Міжнародної науково-методичної конференції «Захист населення, територій та об'єктів критичної інфраструктури – освіта, наука, практика». Київ : Державний університет «Київський авіаційний інститут», 2025. 34 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/26057>

4. Петухова О. А., Білаш Є. А., Швед А. В. Розрахунок кількості пожежних кран-комплектів як напрямок покращення протипожежного захисту будівлі : матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення». Львів : ЛДУ БЖД, 2024. С. 111–112. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/23508>

МАЙБУТНЄ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ: АВТОНОМНІ СИСТЕМИ, SMART-КОНТРОЛЬ ТА РЕЗЕРВУВАННЯ*Підкопай К. Ю.¹,**Андрєєва Л. І.¹,**Глабчук А. А.²**¹Національний університет цивільного захисту України**²ГУ ДСНС України у Житомирській області*

Система протипожежного водопостачання традиційно розглядалася як сукупність трубопроводів, насосів і джерел води, які повинні забезпечити достатню подачу води у разі виникнення пожежі [1]. Проте сучасний розвиток міст, зростання кількості висотних будівель, складних промислових об'єктів та інженерної інфраструктури поступово змінює підхід до організації протипожежного захисту [2]. Від систем уже недостатньо вимагати лише наявності води – вони мають бути автономними, здатними працювати безперервно, передбачати можливі відмови та самостійно реагувати на зміни умов.[3] Саме тому майбутнє протипожежного водопостачання пов'язують із цифровізацією, автоматизацією та впровадженням принципу резервування [4].

Автономність як основа надійності систем. Однією з головних тенденцій є перехід від повної залежності від централізованих мереж до автономних рішень [1]. У традиційній системі ефективність гасіння пожежі часто залежить від стану міського водопроводу, стабільності електроживлення та технічного стану мереж. У випадку аварій, стихійних лих або перевантаження інфраструктури це може призвести до критичного зниження тиску або повної відсутності води. Автономні системи покликані вирішити цю проблему шляхом створення локальних джерел водозабезпечення. На сучасних об'єктах все частіше встановлюються підземні резервуари, окремі насосні станції та незалежні джерела живлення. Такі рішення дозволяють забезпечити подачу води навіть за умов відключення зовнішніх мереж. Особливо актуальними вони є для лікарень, промислових підприємств, логістичних центрів і об'єктів критичної інфраструктури, де безперервність роботи систем безпеки має вирішальне значення [1, 3].

Smart-контроль і цифровізація процесів. Ще кілька років тому технічний стан систем перевірявся переважно під час планових оглядів. Сьогодні ж розвиток цифрових технологій дозволяє здійснювати безперервний контроль за роботою обладнання. Smart-системи включають мережу датчиків, які відстежують тиск, витрату води, рівень заповнення резервуарів, роботу насосів та стан запірної арматури. Вся інформація передається в режимі реального часу до диспетчерських центрів або спеціальних програмних платформ [4]. Завдяки цьому змінюється сама логіка експлуатації: система не просто фіксує проблему після її виникнення, а здатна попереджати про можливі несправності заздалегідь. Наприклад, поступове зниження тиску або нестабільна робота насоса можуть бути сигналом до профілактичного ремонту ще до аварії. У результаті підвищується надійність обладнання та зменшується ризик відмови під час реальної надзвичайної ситуації.

Роль автоматизації та штучного інтелекту. Перспективним напрямом є використання алгоритмів інтелектуального аналізу даних. Системи, що працюють на основі штучного інтелекту, здатні обробляти великі обсяги інформації, визначати закономірності та прогнозувати зношення обладнання. Це дозволяє переходити від планового технічного обслуговування до обслуговування за фактичним станом. У майбутньому такі технології можуть самостійно змінювати режими роботи насосів, оптимізувати витрати води залежно від ситуації та автоматично обирати найефективніші

сценарії подачі води. Це не лише підвищує ефективність гасіння, а й зменшує енергоспоживання, що має важливе економічне значення [4].

Резервування як принцип безпеки нового покоління Ще однією ключовою ознакою систем майбутнього є багаторівневе резервування. Його суть полягає в дублюванні найважливіших компонентів, щоб система могла продовжувати роботу навіть у разі виходу з ладу окремих елементів. Це стосується не лише запасу води, а й насосного обладнання, електроживлення та каналів керування [3].

Практика показує, що саме відсутність резерву часто стає причиною неефективної роботи систем під час великих пожеж. Тому сучасні проекти передбачають резервні насоси, альтернативні джерела енергії та незалежні контури водопостачання. У разі відмови основного обладнання система автоматично переходить на запасний режим без втручання людини, що значно скорочує час реагування [2, 4].

Нові технологічні рішення та глобальні тренди. Світова практика демонструє активний перехід до інтегрованих систем безпеки, де протипожежне водопостачання стає частиною єдиної цифрової інфраструктури будівлі або міста. Використовуються цифрові моделі систем, що дозволяють прогнозувати їхню поведінку в різних сценаріях, а також дистанційні платформи моніторингу, які забезпечують контроль одразу за десятками об'єктів. Одночасно впроваджуються технології, спрямовані на більш раціональне використання ресурсів: енергоефективні насоси, автоматичне регулювання тиску та системи, що мінімізують витрати води без втрати ефективності гасіння [1]. Це особливо важливо в умовах зростання навантаження на водні ресурси та підвищеної уваги до екологічної безпеки.

Виклики та перспективи розвитку. Попри очевидні переваги нових рішень, їхнє впровадження потребує значних інвестицій, модернізації старих мереж і підготовки кваліфікованих фахівців. Додатковим викликом стає кібербезпека, оскільки цифрові системи можуть бути вразливими до зовнішніх впливів. Проте поступовий розвиток технологій та зниження їх вартості роблять інноваційні рішення дедалі доступнішими. У перспективі системи протипожежного водопостачання стануть максимально самостійними, здатними до самодіагностики та адаптації до умов експлуатації. Людська роль змиститься від постійного контролю до стратегічного управління та аналізу [4].

Майбутнє протипожежного водопостачання формується під впливом трьох ключових напрямів: автономності, інтелектуального контролю та резервування. Поєднання цих підходів створює нове покоління систем, які не лише забезпечують подачу води, а й здатні прогнозувати ризики, самостійно реагувати на несправності та гарантувати стабільну роботу у найскладніших умовах. Саме такі рішення визначатимуть стандарти безпеки найближчих десятиліть і стануть основою сучасної інженерної інфраструктури [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація будівель і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2013. 105 с.
2. Довідник SFPE з інженерії протипожежного захисту / за ред. М. Дж. Герлі та ін. 5-те вид. Нью-Йорк : Springer, 2016. 3495 с.
3. NFPA 20. Стандарт з установаження стаціонарних насосів для систем протипожежного захисту. Квінсі : National Fire Protection Association, 2022.
4. NFPA 25. Стандарт з інспектування, випробування та технічного обслуговування водяних систем протипожежного захисту. Квінсі : National Fire Protection Association, 2023.
5. Майборода Р. І., Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Балдук П. Г. Моделювання вогнезахисту світлопрозорих фасадних конструкцій з влаштуванням зрошувачів. Механіка та математичні методи. Одеса : ОДАБА, 2024. Том VI. № 2. С. 160–174. DOI: 10.31650/2618-0650-2024-6-2-160-174

КОЛИ ВОДА ВИРІШУЄ ВСЕ: КРИТИЧНІ ПОМИЛКИ У СИСТЕМАХ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Підкопай М. Ю.¹,

Андрєєва Л. І.¹,

Мироненко А. А.²

¹Національний університет цивільного захисту України,

²ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області

Пожежі залишаються однією з найбільш небезпечних надзвичайних ситуацій, що супроводжуються значними матеріальними втратами та загрозою для життя людей. Розвиток пожежі відбувається відповідно до фізичних закономірностей теплообміну, масообміну та горіння, а вирішальне значення для її локалізації мають перші хвилини після виникнення [1]. Саме на цьому етапі ефективність гасіння визначається інтенсивністю подачі вогнегасної речовини, якою у більшості випадків є вода [2].

Незважаючи на розвиток альтернативних систем газового, порошкового та аерозольного пожежогасіння, вода залишається найбільш універсальним і доступним засобом. Її висока теплоємність і здатність до інтенсивного охолодження забезпечують ефективне зниження температури в зоні горіння. Однак результат гасіння залежить не лише від фізичних властивостей води, а й від можливості її подачі у необхідній кількості, під відповідним тиском і в потрібний час. Тому системи протипожежного водопостачання є базовим елементом інженерної безпеки об'єктів [3].

У практиці реагування на пожежі неодноразово спостерігалися випадки, коли недостатня подача води ставала основною причиною стрімкого розвитку пожежі. При цьому пожежно-рятувальні підрозділи діяли професійно й оперативно, але технічна неспроможність системи водопостачання фактично позбавляла їх можливості реалізувати тактичні рішення. Проблема полягає не лише в людському факторі чи швидкості реагування, а насамперед у технічній надійності інженерної інфраструктури. Практика ліквідації пожеж свідчить, що однією з основних причин їх масштабного розвитку є недостатня витрата або тиск води. Навіть за умов оперативних і професійних дій пожежно-рятувальних підрозділів технічна неспроможність системи водопостачання може звести нанівець ефективність гасіння. Отже, ключова проблема полягає у надійності інженерної інфраструктури та відповідності її параметрів реальним умовам експлуатації [4].

Система протипожежного водопостачання включає джерела води, резервуари запасу, насосні станції, трубопроводи, пожежні гідранти та засоби контролю. Особливістю таких систем є їх тривала робота в режимі очікування, що сприяє накопиченню прихованих дефектів. Однією з найбільш поширених проблем є недостатній гідравлічний розрахунок мережі, коли застосовуються мінімальні нормативні показники без урахування реального пожежного навантаження або перспектив розвитку об'єкта [3].

Зменшення діаметра труб, недооцінка втрат напору, недостатня потужність насосного обладнання призводять до падіння тиску у критичних точках. Особливо небезпечними є такі помилки для багатоповерхових будівель, де необхідно враховувати додатковий гідростатичний напір. У разі недостатнього тиску внутрішні пожежні крани стають неефективними, що може сприяти переходу пожежі у фазу інтенсивного об'ємного розвитку (флешовер) [1].

Суттєвим фактором ризику є також фізичне зношення мереж. Корозія, відкладення та звуження внутрішнього перерізу труб знижують їх пропускну здатність і збільшують гідравлічний опір. Додаткову небезпеку створюють несправності насосного обладнання, негерметичність з'єднань і відсутність резервування системи електроживлення [4].

В умовах зимової експлуатації особливу проблему становить замерзання води в гідрантах і трубопроводах, що повністю блокує їх використання. У разі виникнення пожежі це призводить до втрати часу на пошук альтернативних джерел водопостачання [5].

Аналіз розвитку пожеж показує, що нестача води на початковій стадії спричиняє швидке зростання температури, інтенсивне виділення горючих газів та значне збільшення площі горіння. Це ускладнює гасіння, підвищує ризик руйнування конструкцій і може призвести до значних економічних та соціальних втрат [1].

Підвищення надійності систем протипожежного водопостачання потребує комплексного підходу, що включає регулярні гідравлічні випробування, фактичний контроль витрати та тиску, впровадження автоматизованого моніторингу та використання сучасних методів комп'ютерного моделювання. Важливу роль відіграє також формування культури безпеки та відповідальності за технічний стан систем [3].

Отже, ефективність гасіння пожеж значною мірою визначається технічним станом і параметрами систем протипожежного водопостачання. Своєчасне виявлення та усунення інженерних недоліків дозволяє запобігти розвитку пожеж за катастрофічним сценарієм і забезпечити захист життя людей та матеріальних цінностей [6, 7].

ЛІТЕРАТУРА

1. Драйсдейл Д. Вступ до динаміки пожежі. 3-тє вид. Чичестер : Wiley, 2011. 551 с.
2. Довідник із інженерії протипожежного захисту SFPE / за ред. М. Дж. Герлі та ін. 5-те вид. Нью-Йорк: Springer, 2016. 3495 с.
3. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація будівель і споруд. Київ: Мінрегіон України, 2013. 105 с.
4. Правила пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 (зі змінами). Київ, 2015.
5. Карлссон Б., Квінтєре Дж. Динаміка пожеж у замкнених приміщеннях. Бока-Ратон : CRC Press, 2000. 336 с.
6. Майборода Р. І., Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Балдук П. Г. Моделювання вогнезахисту світлопрозорих фасадних конструкцій з влаштуванням зрошувачів. Механіка та математичні методи. Одеса : ОДАБА, 2024. Том VI. № 2. 160-174. DOI: 10.31650/2618-0650-2024-6-2-160-174
7. Рашкевич Н. В., Плотников І. В., Отрош Ю. А., Чучмай О. М. Аналіз стану забезпечення безпеки гідротехнічних споруд. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 4. С. 314–322.

РОЗПОДІЛ СТРУМУ В КОРОТКОЗАМКНЕНИХ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ СИСТЕМАХ З ПРОТЯЖНИМ ЕЛЕМЕНТОМ

*Посєлов О. П.¹, к.т.н., с.н.с.,
Камарчук Г. В.², д.ф.-м.н., професор,
Пилипенко О. І.³, к.т.н., доцент,
Зайцева І. С.³, к.х.н., доцент*

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

²Фізико-технічний інститут низьких температур

імені Б. І. Веркіна НАН України,

³Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова

Одним з об'єктів досліджень в електрохімії є процеси переносу речовини та заряду під час електролізу через межу розділу «електрод – електроліт». Традиційно вважається, що для проведення електролізу необхідно мати два електроди, які повинні бути розділені електролітом у вигляді рідкого розчину, розплаву або твердої електропровідної сполуки. Однак дослідні дані показують, що для протікання електрохімічних процесів просторове розділення електродів не обов'язкове. Це, наприклад, підтверджується процесами корозійного руйнування металів, яке має місце завдяки роботі великої кількості мікрогальванічних короткозамкнених елементів [1]. Іншим прикладом роботи короткозамкненої електрохімічної комірки є ефект циклічної електрохімічної комутації. Наявні дані показують, що у його процесі утворюються дендритні наноструктури. Існує припущення, що вони можуть бути віднесені до точкових контактів, які є одним з інструментів дослідження тонкої будови металів. Не виключена можливість того, що такі структури можуть стати основою високочутливих сенсорних пристроїв для визначення газоподібних сполук, здатних до адсорбції на їх поверхні. Це знаходиться у рамках сучасних тенденцій в галузі сенсорної техніки, які, в тому числі, полягають у прагненні до підвищення чутливості та зниження межі виявлення складових газових сумішей [2]. Точкові контакти можуть складатися лише з декількох атомів. Тому зрозуміло, що у граничному випадку адсорбція лише декілька молекул газу може обумовити зміну провідності наноструктури й швидке формування сенсорного відгуку.

Актуальність. Основною умовою можливості успішного впровадження точкових контактів у сенсорну техніку є вдосконалення способів виготовлення та дослідження властивостей цих наноструктур [3]. На додаток до відомих механічних методів створення точкових контактів був запропонований електрохімічний метод, який дозволяє отримати точкові контакти дендритного типу [4]. У цьому випадку точковий контакт утворюється у місці торкання верхівки дендриту, який росте в електричному полі, з протиелектродом. Існує припущення, що таку структуру можна використати як сенсорний пристрій. У ньому контакт електроліту з газоподібним аналітом створює передумови для селективного аналізу. Електродна поляризація поверхні каналу провідності дозволяє керувати процесом адсорбції речовини дендритом; це теж буде визначати вибірковість аналітичного пристрою.

Замкнення електродів дендритом обумовлює зміну природи провідності системи. Її іонна провідність доповнюється електронною провідністю кристалу металу. Особливістю такої ситуації є те, що утворення та подальша поляризація поверхні дендриту відбуваються в умовах контакту з електролітом. Тому межа розділу «дендрит-електроліт» знаходиться під дією електричного поля як у період росту дендриту, так і під час поляризації утвореного каналу прямої провідності. Це обумовлює протікання електрохімічних реакцій на цій межі. Повне усунення електродних процесів шляхом

ізолювання або екранування поверхні дендриту або струмовідводів є неможливим. Тому доцільно оцінити вплив побічних процесів на межі розділу «електрод – електроліт» під час дослідження умов формування дендритного контакту.

Точковий контакт, що знаходиться в середовищі електроліту, можна моделювати так званим протяжним елементом. Якщо необхідно дослідити процеси, які відбуваються у об'ємі та на поверхні каналу прямої провідності точкового контакту, доцільно використовувати однорідний протяжний елемент; він представляє собою металевий провідник з постійним поперечним перерізом, який занурений в електроліт. Якщо ж система складається із точкового контакту з масивними струмопідводами, з матеріалу сформований дендритна наноструктура, то для моделювання треба використовувати неоднорідний протяжний елемент. Такий елемент є зануреним в електроліт металевим провідником змінного поперечного перерізу або змінного опору вздовж його головної осі. Очевидно, що реальні дендритні контакти коректно вивчати за допомогою моделі другого типу.

Одержані модель та її експериментальна перевірка дозволили запропонувати методологію кількісної оцінки розмірних параметрів протяжного елемента. Показано, що стандартний фактор протяжності дозволяє оцінити розподіл струмів в системі, що містить протяжний елемент. На підставі аналізу розподілу струмів отримана математична модель, яка адекватно описує залежність часу життя точкового контакту від його опору та прикладеної напруги. Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення методики одержання дендритних точкових наноструктур та розробки на їх основі сенсорних елементів нового покоління.

ЛІТЕРАТУРА

1. J. O'M. Bockris, A. K. N. Reddy, Gamboa- M. Aldeco, *Modern electrochemistry*. V.2. A fundamentals of electrodiacs. 2ed. Springer, New York, NY (2000) 817.
2. Kamarchuk, G. V., Pospelov, O. P., Yeremenko, A. V., Faulques, E., Yanson, I. K. (2025). Point-contact sensors: new prospects for a nanoscale sensitive technique. *Europhysics Letters*. 76(4). 575–581.
3. Pilipenko, A. I. Pospelov, A. P., Kamarchuk, G. V. Shablo, A. A. Bondarenko, S. I. (2011). Point-contact sensory nanostructure modelling. *Functional Materials*. 18(3). 324–327.
4. Pospelov, A. P., Pilipenko, A. I., Kamarchuk, G. V., Fisun, V. V., Yanson, I. K., Faulques, E. (2014). A new method for controlling the quantized growth of dendritic nanoscale point contacts via switchover and shell effects. *The Journal of Physical Chemistry*. C. 119(1). 632–639.

МЕТОД ОЦІНКИ УЗАГАЛЬНЕНОЇ ДИНАМІЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ РАНЬОГО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖІ

Поспелов Б. Б., д.т.н., професор,

Рибка Є. О., д.т.н., професор,

Колосков В. Ю., к.т.н., доцент

¹*Національний університет цивільного захисту України*

Пожежі є одним із найбільших джерел небезпеки для людини та більшості об'єктів. Ефективним способом боротьби з пожежами є їх попередження на основі оперативного виявлення осередків загоряння матеріалів (ЗМ) та своєчасного гасіння. В іншому випадку джерело ЗМ призводить до пожежі, яка завдає суттєвих втрат [2] і шкоди довкіллю [3]. Тому оперативне виявлення осередків ЗМ розглядається як один з головних напрямів забезпечення пожежної безпеки різних об'єктів. ЗМ у приміщеннях об'єктів призводить до появи в ГС небезпечних параметрів (НП): концентрації СО, питомої оптичної густини диму та температури ГС [4]. Традиційні особливості динаміки НП ГС при ЗМ, що використовуються в існуючих системах протипожежного захисту, не здатні виявляти ранні осередки ЗМ у приміщеннях. Традиційні системи виявлення пожеж, засновані на пороговому контролі концентрацій продуктів горіння, температури або задимленості, демонструють високу надійність на розвинених стадіях пожежі, проте їхня чутливість до ранніх процесів газового середовища (ГС) є обмеженою.

Нестабільність динаміки НП ГС при ЗМ обумовлюється складністю та неможливістю адекватного математичного опису фізичних процесів, що виникають у ГС під впливом безлічі незворотних фізико-хімічних механізмів, як у самих матеріалах, так і в огорожувальних конструкціях приміщень. Тому узагальнена нестабільність динаміки НП ГС, обумовлена ЗМ, може розглядатися як індикатор ЗМ у різних типах приміщень об'єктів, що дозволяє попереджати пожежі зі збитками. Для дослідження нестабільності динаміки у різних системах на основі експериментальних спостережень параметрів розроблено апробований інструментарій, що ґрунтується на показниках Ляпунова [5, 6].

Ключовим при цьому є реконструкція фазового простору по одній спостережуваній вибірці станів досліджуваної динамічної системи, використовуючи метод затримок, вибір відповідного алгоритму та оцінка найбільшого показника Ляпунова [7–11].

У зв'язку з цим пропонується метод оцінювання узагальненої динамічної нестабільності параметрів ГС, заснований на класичному методі оцінки розбіжності траєкторій, запропонованому Канцем. Для причинної постановки вводиться локалізована віконна функція Канца, яка описує середній логарифм розбіжності близьких траєкторій у вікні та зберігає причинні властивості аналізу. Визначена локальна швидкість розбіжності точок визначається як похідна по лагу τ та піддається фільтрації та диференціюванню за методом Савицького-Голея [12]. При цьому узагальнена міра нестабільності в момент часу k буде визначатися максимумом локальних швидкостей за діапазоном лагів Λ_k . В інженерній постановці раннього попередження пожежі величина Λ_k інтерпретується наступним чином:

- $\Lambda_k \approx 0$: майже стаціонарний, фоновий режим динаміки параметра;
- $\Lambda_k > 0$: початок динамічного переходу, який свідчить про порушення стабільної динаміки параметра;
- стійке зростання Λ_k свідчить про розвиток неконтрольованих процесів, характерних для стадії займання матеріалів та розвитку пожежі.

Таким чином, в результаті дослідження розроблено локальний за часом варіант методу Канца. Введено поняття узагальненої динамічної нестабільності газового

середовища та надано визначення її фізичного сенсу в контексті переходу фонового режиму до нестационарного режиму газового середовища при появі загоряння матеріалу.

Запропоновано підхід до оперативного виявлення локальної нестабільності параметрів газового середовища, що базується на спільному врахуванні динаміки узагальненої міри нестабільності та її похідної за часом. Вказаний підхід дозволяє виявляти короточасні режими порушення стабільності газового середовища, які можуть передувати помітному зростанню концентрації різних продуктів загоряння матеріалів. Він орієнтований не на заміну існуючих систем пожежної автоматики, а на розширення їх функціональних можливостей завдяки додатковому аналізу динамічних властивостей небезпечних параметрів газового середовища, що вимірюються.

ЛІТЕРАТУРА

1. Otrosh, Y., Danilin, O., Zhuravskiy, M. (2019). Assessment of the technical state and the possibility of its control for the further safe operation of building structures of mining facilities. E3S Web of Conferences. 123. 01012.
2. Semko, A. et al. (2014). The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts. Journal of Theoretical and Applied Mechanics (Poland). 3. 655–664.
3. Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. EEC. 22/3. 1171–1176.
4. Quintiere J. G. Principles of Fire Behavior, Second Edition, CRC Press. 2016. Vol. 437.
5. Cencini, M, Cecconi, F., Vulpiani, A. (2009). Chaos. Series on Advances in Statistical Mechanics. 480.
6. Dieci, L., Van Vleck, E. S. (2002). Lyapunov spectral intervals: theory and computation. SIAM Journal on Numerical Analysis. 40(2). 516–542.
7. Wolf, A., Swift, J. B., Swinney, H. L., Vastano, J. A. (1985). Determining Lyapunov exponents from a time series / Physica D: Nonlinear Phenomena. 16(3). 285–317.
8. Rosenstein, M. T., Collins, J. J., De Luca, C. J. (1993). A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets. PDN. 65(1–2). 117–134.
9. Kantz, H. (1994). A robust method to estimate the maximal Lyapunov exponent of a time series. Physics Letters A. 185(1). 77–87.
10. Heilmann, O. Multifunktionale Echo State Netzwerke: Auswirkungen von Topologie und Gedächtnis auf die Rekonstruktion. 2023.
11. Busse, A. M. (2004). Classification of Processes by the Lyapunov exponent, Technical Report, Universität Dortmund, Sonderforschungsbereich 475 Komplexitätsreduktion in Multivariaten Datenstrukturen, Dortmund. 70.
12. Faranda, D. Local Lyapunov exponents for nonstationary systems. Chaos. 2018.

НЕОБХІДНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ВІДШАРУВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ПІД ДІЄЮ ВИБУХОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*Пурденко Р. Р.¹,
Майборода Р. І.¹, PhD,
Отрош Ю. А.¹, д.т.н., професор,
Фігулі Л.², PhD.*

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Академія збройних сил генерала Мілана Растислава Штефаніка (м. Лінтовський Мікулаш, Словаччина)

Будівлі зі сталевим каркасом у сейсмоактивних районах, як правило, демонструють підвищену ефективність роботи порівняно із іншими конструктивними системами. Це зумовлено високою пластичністю сталі, яка дозволяє конструкціям сприймати та розсіювати енергію інтенсивних імпульсних впливів шляхом розвитку значних, але контрольованих пластичних деформацій. За своєю фізичною природою сейсмічні навантаження являють собою серію динамічних імпульсів з великими амплітудами переміщень і прискорень, що в певній мірі відтворює характер коливальних процесів, притаманних вибуховим впливам, хоча й у ширшому часовому діапазоні.

Водночас численні натурні спостереження та після аварійні обстеження будівель, що зазнали сейсмічних впливів, свідчать про те, що поряд із пластичною роботою сталевих елементів фіксуються випадки відшарування та руйнування вогнезахисних покриттів у зонах інтенсивних деформацій, зокрема в областях утворення пластичних шарнірів [1]. Основною причиною цього є втрата зчеплення між сталевим елементом і покриттям унаслідок великих деформацій, локального вигинання полиць і стінок, а також значних відносних переміщень на поверхні елемента (рис. 1).

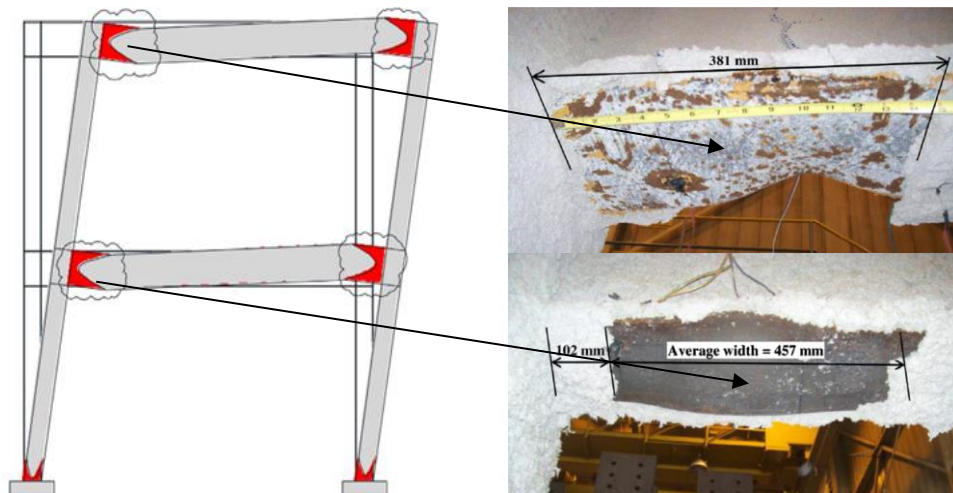


Рисунок 1 – Формування зон пластичних шарнірів у сталевій конструкції під дією сейсмічного навантаження та приклади пошкодження вогнезахисного покриття [1]

У роботі [2] наведено результати ударних випробувань сталеві балки, закріпленої по краях, під дією навантаження від молота масою 120 кг.

Схема експериментальної установки подана на рис. 2.

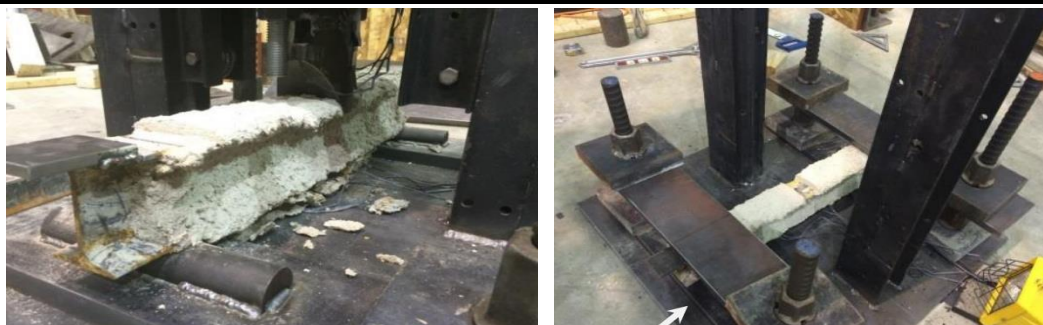


Рисунок 2 – Схема експериментальної установки

За результатами випробувань спостерігалася аналогічна тенденція відшарування захисного шару в місцях значних деформацій конструкції (рис. 3).

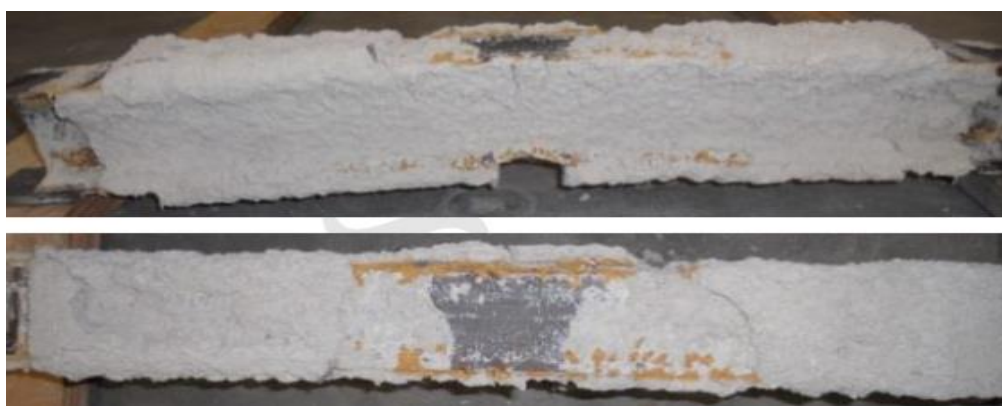


Рисунок 3 – Відшарування вогнезахисного шару балки в місцях прогину

З огляду на те, що амплітуди коливань і рівні прискорень під час землетрусів інколи є співрозмірними з локальними вибуховими навантаженнями, сейсмічні дані щодо поведінки сталевих конструкцій і вогнезахисних покриттів можуть слугувати корисним аналогом для оцінювання вибухових сценаріїв. Водночас вибухи характеризуються коротшим часом дії, вищими градієнтами прискорень і локалізованим навантаженням, що підвищує ризик втрати зчеплення та відшарування вогнезахисту. Це обґрунтовує потребу подальших досліджень впливу короткочасних імпульсних навантажень від вибуху на можливе відшарування вогнезахисного матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Arablouei, A., Kodur, V. (2014). A fracture mechanics-based approach for quantifying delamination of spray-applied fire-resistive insulation from steel moment-resisting frame subjected to seismic loading. *Engineering Fracture Mechanics*. 121. 67–86.
2. Arablouei, A., Kodur, V. (2015). Dynamic delamination of fire insulation applied on steel structures under impact loading. *International Journal of Impact Engineering*. 83. 11–27.
3. Skob, Yu. O., Kalinichenko, M. Yu., Mamontov, I. O., Maiboroda, R. I., Rashkevich, N. V., Otrosh, Yu. A. (2025). Mathematical modeling and numerical analysis of heat transfer in solids of complex shape. *Science and Innovation*. 21. 5. 1–13. DOI: 0.15407/scine21.05.097
4. Purdenko, R., Maiboroda, R., Rashkevich, N., Otrosh, Yu. (2024). Development of a Numerical Model of the "Soil-Foundation-Building" System. *Applied Mechanics and Materials Submitted*. 924. 191–199. DOI: 10.4028/p-5OeggB

РОЗРОБКА ПІДХОДУ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Рашкевич Н.В.¹, PhD,

Лобойченко В.М.^{2,3}, д.т.н., професор

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain,

³Луцький національний технічний університет

Значні території України зазнають ракетно-артилерійського ураження, формуючи осередки потенційного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод, що створює ризики техногенних та медико-біологічних НС, тоді як традиційний екологічний моніторинг, оснований на локальних вимірюваннях, не завжди забезпечує оперативність і повноту інформації для управлінських рішень.

Оцінювання наслідків ракетно-артилерійського ураження є складною задачею цивільного захисту з урахуванням динаміки НС та вторинних екологічних ефектів. У роботі [1] досліджено часові та кількісні закономірності таких подій, що підкреслює зростання ризиків екологічного забруднення та обґрунтовує використання просторово-орієнтованих методів оцінювання. Додатково у роботі [2] наведено експериментальні дані щодо особливостей ліквідації вибухонебезпечних об'єктів із застосуванням куполоподібного захисного пристрою з навантаженням. Методи оцінювання стану ґрунтів здебільшого базуються на інструментальних та лабораторних підходах [2]. Дослідниками [3] показано необхідність урахування типу фізіологічної дії забруднювачів, часових інтервалів впливу та функціональних залежностей між показниками та рівнем небезпеки. Подальші дослідження [4] визначили умови існування та структуру математичних моделей попередження НС із врахуванням просторової структуризації даних і формування зон різного рівня небезпеки. Оптимізація відбору проб ґрунту [5] довела доцільність раціонального просторового розміщення точок спостережень для підвищення інформативності моніторингу, що пов'язано з можливостями використання геопросторової інформації. Доповненням є робота [7], у якій обґрунтовано застосування сучасних технологій моніторингу поверхневих вод у населених пунктах, що зазнали впливу бойових дій. Окремо слід відзначити роботу [8], де запропоновано методи попередження техногенних і медико-біологічних НС на об'єктах критичної інфраструктури шляхом ідентифікації водних розчинів.

Територія дослідження розглядається як просторово неоднорідна область Ω , що дискретизується на елементарні просторові осередки Ω_i з використанням адаптивної просторової сітки. Для кожного осередку формується вектор параметрів:

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}), \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

де x_{ij} – значення j -го показника стану довкілля (концентрація забруднювальної речовини, електропровідність ґрунту, відстань до осередку ураження, час після обстрілу тощо).

З метою узагальнення різнорідних показників вводиться індекс потенційного забруднення території I_i , який визначається у вигляді зваженої функції нормалізованих параметрів:

$$I_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot f_j(x_{ij}), \quad (2)$$

де w_j – ваговий коефіцієнт значимості j -го показника, $f_j(x_{ij})$ – функція нормалізації, що приводить параметри до безрозмірного вигляду з урахуванням гранично допустимих або фонових значень.

Для врахування часової динаміки процесів забруднення індекс розглядається як функція часу:

$$I_i(t) = I_i \cdot \phi(t), \quad (3)$$

де $\phi(t)$ – функція, що описує зміну інтенсивності впливу забруднювальних чинників у часі з урахуванням типу фізіологічної дії та можливих процесів міграції речовин у ґрунті.

На основі отриманих значень $I_i(t)$ здійснюється просторове зонування території шляхом віднесення кожного осередку до відповідного класу потенційної небезпеки.

Таким чином, запропонований підхід забезпечує формалізовану оцінку потенційного забруднення довкілля на територіях ракетно-артилерійського ураження шляхом інтеграції геопросторових даних, інструментальних вимірювань та зважених індексів, що враховують просторову неоднорідність, часову динаміку забруднювачів та дозволяють формувати карти зонування для аналітичного супроводу рішень у системі цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н. В., Рушак І. І., Рашкевич О. С. Аналіз динаміки надзвичайних ситуацій, спричинених ракетно-артилерійськими обстрілами. *Комунальне господарство міст*. 2025. Том 4. Вип. 192. С. 400–408.

2. Lyovin, D., Strelets, V., Shevchenko, R., Loboichenko, V., Divizinyuk, M., Strelets, V., Pruskyi, A. (2023) A dataset on the features of the elimination of explosive objects using a dome-shaped protective device with a load. *Data in Brief*. 50109602. DOI: 10.1016/j.dib.2023.109602.

3. Бондоренко А. Ю., Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І. Методи дослідження стану ґрунтів в контексті вирішення задач цивільного захисту територіальних громад : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. курсантів, студентів, ад'юнктів (аспірантів) «Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених». Черкаси, 2024. С. 12–14.

4. Рашкевич Н. В., Рашкевич О. С., Дівізінюк М. М., Шевченко Р. І., Шевченко О. С. Формування функціонального поля інформаційно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру зумовлених забрудненням ґрунтів в зоні бойових дій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. № 2 (20) 2025. С. 82–91. DOI: 10.33269/nvcz.2025.2.82-91.

5. Рашкевич Н., Шевченко О., Рушак І., Крадожон В., Краснов В. Формування умов існування математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій на територіях забруднених залишками ракетно-артилерійського ураження. *Social Development and Security*. 2025. Том 15, № 5. С. 151–161.

6. Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І., Ребров О. В. Обґрунтування процедур з оптимізації відбору проб ґрунту з метою попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру: матеріали Міжнародної наук.-практ. конф. «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2024. С. 93–94.

7. Myroshnychenko, A., Loboichenko, V., Divizinyuk, M., Levterov, A., Rashkevich, N., Shevchenko, O., Shevchenko, R. (2022). Application of up-to-date technologies for monitoring the state of surface water in populated areas affected by hostilities. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*. 16(3). 50–59. URL: http://science.org.ge/bnas/t16-n3/07_Myroshnychenko_Ecology.pdf

8. Loboichenko, V., Diviziniuk, M., Shevchenko, R., Fedorchuk-Moroz, V., Rashkevych, N. (2025). Methods of prevention of technogenic and medico-biological emergencies at critical infrastructure facilities using identification of aqueous solutions. *Vezha-Druk, Lutsk*.

ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО МОНІТОРИНГУ ОСЕРЕДКІВ НЕБЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Рашкевич О. С.¹, к.т.н.,

Руцак І. І.²,

Погрібна Ю. В.²

¹Головне управління Державної служби України у Харківській області,

²Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах підвищення техногенного навантаження на довкілля, а також зростання кількості надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних із воєнними діями та пошкодженням об'єктів критичної інфраструктури, актуальною є проблема оперативного виявлення осередків небезпеки та оцінювання їх параметрів. Ефективність функціонування системи цивільного захисту залежить від своєчасного отримання достовірної інформації про стан навколишнього середовища та можливості прогнозування розвитку небезпечних процесів. Одним із ключових напрямів підвищення ефективності реагування на НС є впровадження сучасних технологій моніторингу, які забезпечують високоточне вимірювання параметрів середовища та дозволяють оперативно локалізувати джерела небезпеки.

Моніторинг стану атмосферного повітря у зоні НС є елементом системи оцінювання обстановки. У результаті аварій, пожеж, вибухів або руйнування промислових об'єктів у повітря можуть потрапляти токсичні речовини, аерозольні частинки та продукти горіння, які створюють небезпеку для населення і рятувальників. У дослідженнях зазначається, що ефективний контроль параметрів атмосферного повітря дозволяє своєчасно виявляти небезпечні концентрації забруднювальних речовин та оцінювати масштаби їх поширення [1]. Застосування сучасних засобів моніторингу сприяє підвищенню оперативності отримання інформації та забезпечує можливість швидкого прийняття управлінських рішень під час ліквідації наслідків НС.

Перспективним напрямом удосконалення систем контролю атмосферного повітря є використання дистанційних методів вимірювання, що базуються на застосуванні лазерних технологій. Такі методи дозволяють здійснювати безконтактне визначення параметрів середовища та проводити вимірювання на значній відстані від джерела забруднення. У наукових роботах підкреслюється, що впровадження лазерних систем моніторингу дає змогу значно підвищити точність і швидкість виявлення небезпечних речовин у повітрі, а також забезпечити можливість дослідження просторового розподілу аерозольних і газових домішок [2].

Особливо актуальним є застосування лазерних технологій для моніторингу територій, що зазнали ракетно-артилерійського ураження. У таких умовах у повітряному середовищі можуть утворюватися складні суміші продуктів детонації вибухових речовин, частинок ґрунту, металів та продуктів горіння різноманітних матеріалів. Наявність великої кількості аерозольних частинок у повітрі ускладнює проведення вимірювань традиційними методами, тому дистанційні лазерні системи можуть бути ефективним інструментом для визначення параметрів забруднення та локалізації джерел небезпеки [3]. Застосування таких технологій дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу та отримувати оперативну інформацію про зміни стану повітряного середовища.

Разом з тим використання лазерних систем моніторингу потребує врахування низки факторів, що впливають на точність вимірювань. У умовах НС на результати спостережень можуть впливати атмосферні явища, зокрема туман, опади, турбулентність повітря та наявність сторонніх аерозольних частинок. Крім того, джерелами похибок можуть бути технічні характеристики лазерного випромінювання, нестабільність

параметрів випромінювача, особливості роботи приймально-реєструвальної апаратури та алгоритмів обробки сигналів [4]. Тому важливим завданням є дослідження джерел похибок та розроблення методичних підходів до їх мінімізації.

Одним із напрямів підвищення ефективності моніторингу небезпечних процесів є інтеграція результатів вимірювань із математичними моделями прогнозування розвитку НС. Математичне моделювання дозволяє формалізувати взаємозв'язки між параметрами середовища, визначати закономірності поширення забруднювальних речовин та оцінювати можливі сценарії розвитку небезпечних процесів. У наукових дослідженнях запропоновано підхід до формування математичної моделі попередження НС, який передбачає послідовне виконання етапів збору даних, аналізу факторів безпеки, формалізації взаємозв'язків між параметрами та побудови алгоритмів прогнозування [5]. Використання таких моделей дозволяє підвищити ефективність систем підтримки прийняття рішень у сфері цивільного захисту та сприяє своєчасному реагуванню на загрози.

Важливим аспектом розвитку сучасних систем моніторингу є їх інтеграція з інформаційними технологіями та автоматизованими системами обробки даних. Використання програмно-аналітичних комплексів дозволяє здійснювати обробку великих масивів інформації, отриманих від вимірювальних систем, формувати карти розподілу забруднень, прогнозувати їх поширення та визначати зони потенційної безпеки. Такий підхід сприяє підвищенню оперативності реагування на надзвичайні ситуації та забезпечує можливість комплексного оцінювання стану довкілля у зоні впливу небезпечних факторів.

Таким чином, застосування дистанційних методів контролю, зокрема лазерних технологій, у поєднанні з математичним моделюванням та інформаційними системами аналізу даних створює передумови для формування ефективних систем моніторингу небезпечних процесів на об'єктах критичної інфраструктури. Це дозволяє підвищити рівень безпеки, забезпечити своєчасне виявлення загроз та мінімізувати негативні НС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Набока М. С., Рашкевич Н. В. Моніторинг стану якості атмосферного повітря в зоні надзвичайної ситуації: матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗУ, 2023. С. 130–131. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17081>
2. Рашкевич О. С., Рашкевич Н. В. Основні завдання з розробки перспективного методу контролю атмосферного повітря в зоні надзвичайної ситуації: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 82–83. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15865>
3. Рашкевич О. С., Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І., Хмирова А. О. Формування методики лазерного моніторингу надзвичайної ситуації техногенного характеру на території, що зазнала ракетно-артилерійського ураження. *Social Development and Security*. 2024. Vol. 14. № 4. С. 171–180. DOI: 10.33445/sds.2024.14.4.14
4. Рашкевич Н. В., Шевченко Н. О. Джерела похибок у роботі лазерного комплексу під час розвідки зони надзвичайної ситуації: матеріали 22 Всеукраїнської науково-практичної конференції (за міжнародною участю) «Спроможності функціональних та територіальних підсистем ЄДСЦЗ для оперативного розв'язання завдань за призначенням. Електронне наукове видання комбінованого використання. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2021. С. 216–219. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/13743>
5. Рашкевич О. С., Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І., Хмирова А. О. Етапи формування математичної моделі попередження надзвичайної ситуації в зоні бойових дій: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Innovative Development of Science, Technology and Education». Ванкувер, Канада, 2024. С. 145–149. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20466>

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЙ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ*Романюк Р. Я., к.т.н., доцент**Дніпровський державний технічний університет*

Наявність в Україні розвинутої промисловості, надвисока її концентрація в окремих регіонах, великі промислові комплекси, більшість з яких потенційно небезпечні, концентрація на них агрегатів і установок великої та надвеликої потужності, розвинена мережа транспортних комунікацій, у тому числі нафто-, газо- і продуктопроводів (аміакопроводів), велика кількість енергетичних об'єктів, використання у виробництві у великих кількостях потенційно небезпечних речовин – все це збільшує імовірність виникнення техногенних надзвичайних ситуацій, що містять загрозу для людини, економіки і природного середовища.

Кардинальне вирішення проблем захисту населення і територій України від надзвичайних ситуацій, зменшення їх соціально-економічних і екологічних наслідків можливе лише шляхом проведення цілого комплексу заходів. Тому отримання відповідних знань у різноманітних галузях за напрямками цивільного захисту створює можливість для зменшення ризику прийняття невірної рішення щодо організації заходів з попередження, запобігання надзвичайних ситуацій, їх ліквідації, проведення аварійно-рятувальних робіт, евакуації людей та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

В даній роботі проведено короткий аналіз питання про визначення категорій об'єктів підвищеної небезпеки.

Об'єкт підвищеної небезпеки (ОПН) – об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти, на території яких є реальна загроза виникнення НС техногенного та природного характеру. Об'єкт господарювання (ОГ), у власності якого перебуває ОПН, зобов'язаний провести наступні заходи щодо визначення категорії небезпеки об'єкту:

- провести ідентифікацію об'єкта підвищеної небезпеки і зареєструвати його в органах нагляду;
- забезпечити розробку і експертизу декларації безпеки, а також планів ліквідації і локалізації аварійних ситуацій та аварій на об'єкті, узгодити і зареєструвати їх згідно з установленим порядком;
- одержати дозвіл на експлуатацію об'єкта у місцевих органах виконавчої влади;
- забезпечити експлуатацію об'єкта з мінімально можливим ризиком і виконання інших нормативно-правових актів, що регулюють діяльність об'єктів підвищеної небезпеки;
- застрахувати «власну громадянську відповідальність» за шкоду, яка може бути заподіяна пожежами і аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки.

Послідовність визначення категорій небезпеки об'єктів підвищеної небезпеки наведена на рис. 1.

Після цього ОГ організовує розробку і складання декларації безпеки об'єкта підвищеної небезпеки, проведення експертизи декларації. Кінцевим етапом є страхування ризику суб'єктом господарювання з метою забезпечення відшкодування збитку, заподіяного життю, здоров'ю і майну третіх осіб, у тому числі навколишньому середовищу, в результаті пожеж та аварій на об'єктах підвищеної небезпеки.

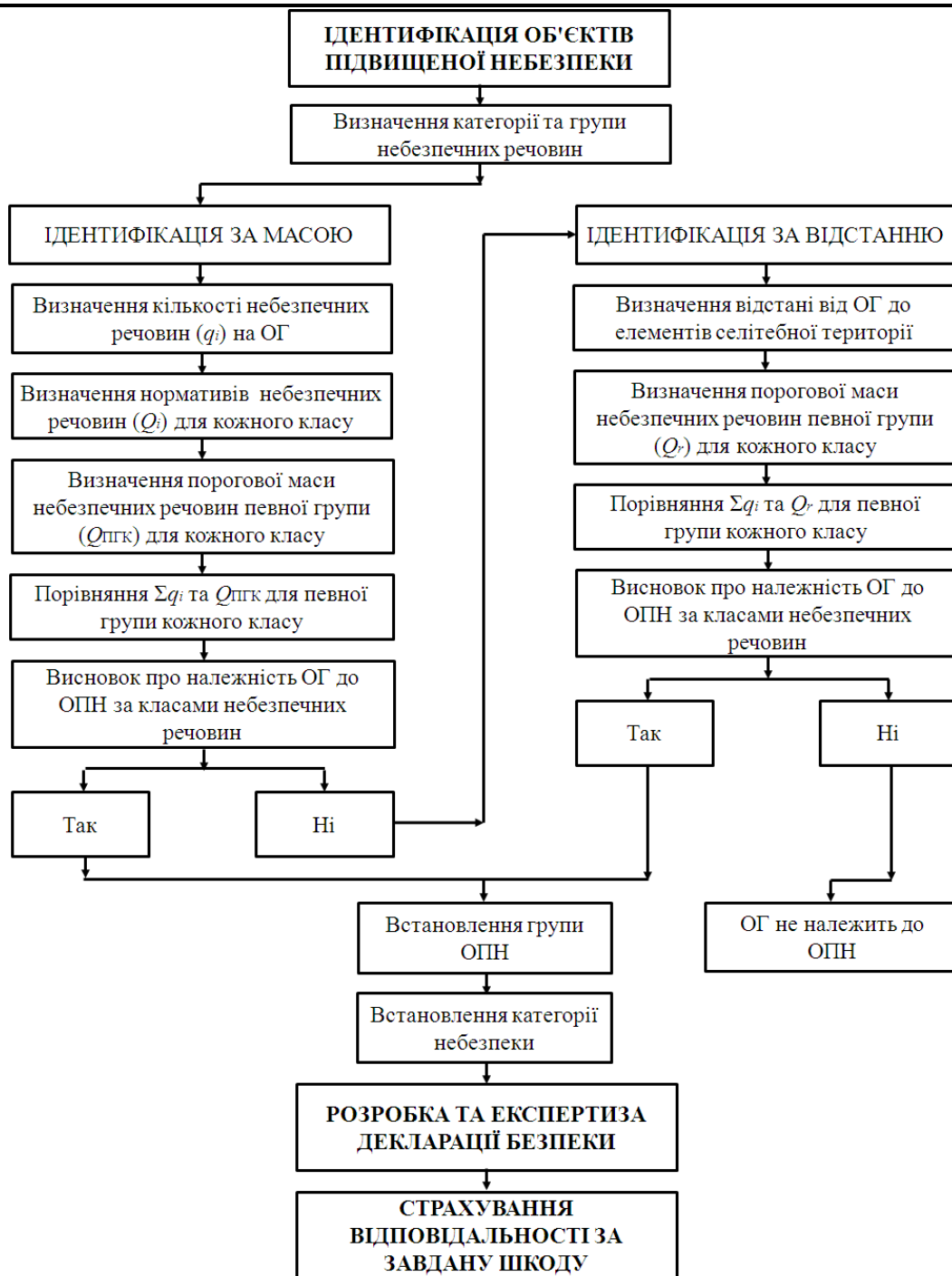


Рисунок 1 – Послідовність визначення категорій безпеки об’єктів підвищеної небезпеки

ЛІТЕРАТУРА

1. Левчук К. О., Романюк Р. Я., Толок А. О. Цивільний захист: навч. посіб. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 325 с.

ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ З БУДІВЕЛЬ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ ІНКЛЮЗИВНОГО ТИПУ

*Рудаков С. В., к.т.н., доцент,
Щолоков Е. Е.*

Національний університет цивільного захисту України

Основні положення щодо організації приміщень навчальних закладів, вимог до евакуаційних шляхів, їх оздоблення та конструктивних рішень закріплені в державних будівельних нормах (ДБН) для закладів освіти та в загальних ДБН з пожежної безпеки. Окремо в останні роки з'явилися норми, що регламентують доступність будівель та споруд (інклюзивність), які встановлюють універсальні вимоги до доступності об'єктів для маломобільних груп населення. Проте чинні ДБН і технічні норми зазвичай визначають загальні конструктивні та експлуатаційні вимоги (ширина коридорів, кількість і розташування виходів, матеріали оздоблення тощо), не завжди деталізуючи спеціальні заходи для організації безпечної евакуації людей із різними порушеннями мобільності у шкільному контексті (наприклад – групи дітей, що рухаються з опорою, на візках, зі зниженим зором чи когнітивними порушеннями) [1, 2].

Аналіз нормативної бази та літературних джерел щодо пожежної безпеки в інклюзивних школах виявив суттєву наукову прогалину. Наразі бракує емпіричних показників швидкості та інтенсивності руху змішаних груп учнів, що унеможливує точне моделювання евакуації для різних категорій мобільності.

Використання індивідуально-потоків моделі дає змогу точніше враховувати особливості процесу евакуації, зокрема неодночасний початок руху, а також порятунок маломобільних осіб силами персоналу – за допомогою нош, інвалідних візків та інших засобів пересування.

У вихідних даних моделі задаються два типи агентів:

- «клієнти» – учасники евакуації, які потребують допомоги під час переміщення;
- «помічники» – особи, що здійснюють евакуацію немобільних агентів.

Для моделювання та обчислення тривалості евакуації з будівель навчальних закладів, які практикують інклюзивну форму навчання, було застосовано спеціалізований програмний комплекс Pathfinder [3, 4]. Програмний комплекс Pathfinder забезпечує гнучке моделювання різних варіантів поведінки під час евакуації, у тому числі [5, 6]:

- призначення асистентів і клієнтів серед учасників;
- можливість, щоб асистенти супроводжували клієнтів протягом усього маршруту або передавали їх іншим командам (наприклад, транспортування до ліфта та приймання іншою групою внизу);
- надання допомоги лише на окремих ділянках шляху (зокрема, допомога у спуску по сходах для учасників у колісних кріслах).

Формування «команд допомоги» з асистентів дає змогу змоделювати різноманітні сценарії евакуації, характерні для будівель різного призначення.

Одним із ключових аспектів точності розрахунків тривалості евакуації для закладів середньої освіти з інклюзивним навчанням є використання достовірних вихідних даних.

У процесі спільної евакуації інклюзивного класу швидкість руху учнів групи М1 залежить від (визначається) показників швидкості учасників з обмеженою мобільністю (М3 або М4), оскільки педагоги зобов'язані забезпечити контроль і безпеку всіх учнів, не допускаючи вільного руху групи М1.

Якщо ці залежності не врахувати у налаштуваннях профілів учасників у Pathfinder, результати моделювання не відповідатимуть реальним умовам.

Моделювання поширення небезпечних чинників пожежі (НЧП) у будівлі закладу освіти з інклюзивним навчанням виконувалося із застосуванням польової моделі.

Застосування польової моделі дає можливість проводити розрахунки параметрів просторових нестаціонарних турбулентних потоків, процесів дифузії у неоднорідних газових сумішах, хімічних реакцій у потоці, горіння газоподібних, рідких і твердих речовин, а також процесів конвективного, радіаційного теплообміну й теплопровідності, включно з рухом частинок диму (дисперсної фази) у газовому середовищі.

Для проведення розрахунку тривалості евакуації з будівлі закладу загальної середньої освіти з інклюзивним навчанням були визначені та систематизовані всі необхідні вихідні (вхідні) дані.

Відповідно до затвердженої розрахункової схеми евакуації, було виконано моделювання та отримано числовий показник тривалості евакуації із застосуванням спрощеної аналітичної моделі та індивідуально-поточної моделі. Процес моделювання евакуації здійснювався за допомогою програмного комплексу Pathfinder.

Результати розрахунків показали, що навіть за умови зменшення загальної кількості учасників евакуації на 33 %, час руху змішаного потоку, який складається з 90 % осіб групи мобільності М1 та 10 % – груп М3 і М4, збільшується на 58 % у порівнянні з потоком, що повністю складається з учасників групи мобільності М1.

Крім того, встановлено, що розрахункова тривалість евакуації з будівлі зростає на 30 % при наявності системи оповіщення та управління евакуацією (ССУЕ) 1–3 типу та на 32 % – при обладнанні будівлі ССУЕ 4–5 типу.

Додатково, із використанням програмного продукту Fire Dynamics Simulator (FDS), який реалізує польову модель, було виконано моделювання поширення небезпечних чинників пожежі (НЧП) у будівлі закладу. За результатами моделювання динаміки пожежі було визначено мінімальні (критичні) значення часу, необхідного для блокування евакуаційних шляхів і виходів небезпечними чинниками пожежі (НЧП)

Співставлення отриманих значень розрахункової тривалості евакуації з часом досягнення критичних параметрів небезпечних чинників пожежі, що призводять до блокування шляхів, що своєчасна евакуація змішаних потоків учасників груп мобільності М1, М3 і М4 можлива лише за умови обладнання будівлі ССУЕ 4–5 типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хлевной О. В., Харишин Д. В., Назаровець О. Б. Проблемні питання розрахунку часу евакуації при пожежах у закладах дошкільної та середньої освіти з інклюзивними групами. Пожежна безпека. Львів, 2020. №37. С. 72–76.

2. ДБН В.2.2-3:2018 Будинки і споруди. Заклади освіти. Зі зміною № 1 [Чинний від 2018-09-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 68 с.

3. Керівництво користувача Pathfinder 2021.4. FireCat.
URL: https://www.pyrosim.ru/download/Pathfinder_rus_manual.pdf

4. Щолоков Е. Е., Рашкевич Н. В., Майборода Р. І., Отрош Ю. А. Удосконалення системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Комунальне господарство міст. 2025. Том 1, випуск 189. С. 368–376. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-368-376.

5. Щолоков Е. Е., Майборода Р. І., Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Балдук П. Г. Дослідження ефективності системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Механіка та математичні методи, 2025. Т. 7. № 1. С. 26–47. DOI: 10.31650/2618-0650-2025-7-1-26-47.

6. Shcholokov E., Otrosh Yu., Rashkevich N., Melezhik R. Simulation of human evacuation in case of fire using pathfinder software. Механіка та математичні методи : науковий журнал. Одеса : ОДАБА, 2023. Вип. 2. С. 60-70. DOI: 10.31650/2618-0650-2023-5-2-60-71.

МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*Рудешко І. В.,
Романюк В. В.*

Національний університет цивільного захисту України

Вступ. Стійке функціонування об'єктів критичної інфраструктури (КІ) є визначальним чинником національної безпеки, соціальної стабільності та економічної життєдіяльності держави. До таких об'єктів належать енергетичні системи, об'єкти водотопа та теплопостачання, транспортні вузли, об'єкти зв'язку, інформаційні системи, а також ядерні та хімічно небезпечні виробництва.

В умовах зростання техногенних ризиків, кліматичних змін та особливо воєнних дій істотно зростає ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій (НС), які можуть розвиватися за складними багатоваріантними сценаріями та супроводжуватися каскадними відмовами суміжних систем [1–3]. Традиційні підходи до аналізу безпеки часто не враховують динамічний характер таких процесів, що зумовлює необхідність застосування сценарного моделювання.

Актуальність. Моделювання сценаріїв НС дозволяє не лише прогнозувати розвиток аварій, а й формувати науково обґрунтовані рішення щодо запобігання, мінімізації наслідків та підвищення стійкості об'єктів КІ.

Мета та завдання дослідження.

Метою роботи є аналіз підходів до моделювання сценаріїв надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури з метою підвищення рівня готовності та стійкості таких об'єктів.

Основними завданнями є:

- систематизація типових загроз для об'єктів КІ;
- формування сценарного підходу до розвитку НС;
- визначення ролі каскадних ефектів у розвитку аварій;
- обґрунтування використання моделей для підтримки прийняття рішень.

Основна частина. Сценарій надзвичайної ситуації розглядається як логічно впорядкована послідовність подій, що виникають у результаті реалізації певної загрози за конкретних умов функціонування об'єкта. Сценарне моделювання поєднує елементи системного аналізу, теорії ризику та управління безпекою [4].

Основними складовими сценарію НС є:

- ініціююча подія (загроза);
- уразливі елементи об'єкта;
- механізми розвитку аварії;
- вторинні та каскадні ефекти;
- наслідки для персоналу, населення та навколишнього середовища.

Такий підхід дозволяє перейти від статичної оцінки небезпек до динамічного аналізу поведінки складних технічних систем у кризових умовах.

Залежно від природи загроз сценарії НС на об'єктах КІ можуть бути класифіковані як:

- природні (землетруси, повені, екстремальні температури);
- техногенні (відмови обладнання, пожежі, вибухи);
- соціальні та терористичні;
- воєнні, пов'язані з прямим або опосередкованим ураженням об'єктів КІ [5].

Окрему групу становлять комбіновані сценарії, у яких поєднуються декілька типів загроз, що є характерним для сучасних умов експлуатації критичної інфраструктури.

Для аналізу сценаріїв НС застосовується комплекс методів, вибір яких залежить від рівня деталізації та доступності вихідних даних:

- логіко-імовірнісні методи, зокрема дерева відмов і дерева подій;
- сценарно-експертні методи, засновані на колективних експертних оцінках;
- імітаційне моделювання, що дозволяє відтворювати поведінку систем у часі;
- методи системної динаміки, орієнтовані на аналіз зворотних зв'язків [2, 6].

Сучасним напрямом розвитку є застосування цифрових двійників об'єктів КІ, які поєднують математичні моделі, дані моніторингу та алгоритми прогнозування [7].

Однією з ключових особливостей об'єктів КІ є їх висока взаємозалежність. Відмова одного елемента може спричинити порушення роботи інших систем, що призводить до каскадного розвитку НС. Моделювання таких процесів дозволяє ідентифікувати критичні вузли та визначити пріоритети захисних заходів [5, 8].

Особливого значення набуває аналіз міжгалузевих взаємозв'язків, наприклад між енергетикою, зв'язком і транспортом, що є необхідним для комплексної оцінки стійкості інфраструктури.

Результати сценарного моделювання НС використовуються:

- при розробленні планів локалізації та ліквідації аварій;
- для обґрунтування інженерного захисту об'єктів;
- у процесі оцінювання ризиків та прийняття управлінських рішень;
- під час підготовки та тренування персоналу [1, 6].

Інтеграція результатів моделювання в систему управління безпекою сприяє підвищенню готовності до реагування на кризові ситуації.

Висновки. Сценарне моделювання надзвичайних ситуацій є ефективним інструментом аналізу та управління ризиками на об'єктах критичної інфраструктури [9, 10]. Сценарний підхід дозволяє враховувати багатофакторність загроз, прогнозувати каскадні ефекти та підвищувати обґрунтованість управлінських рішень. Подальший розвиток цього напрямку доцільно пов'язувати з інтеграцією цифрових технологій, стандартів ризик-менеджменту та національних і міжнародних нормативних вимог, удосконаленням нормативної бази та адаптацією методів моделювання до умов воєнних загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про критичну інфраструктуру : Закон України.
2. Rinaldi, S. M., Peerenboom, J. P., Kelly, T. K. (2001). Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*.
3. ISO 22301:2019 Security and resilience – Business continuity management systems.
4. Aven, T. (2016). Risk analysis and risk management: basic concepts and principles. *Reliability Engineering & System Safety*.
5. Haimes, Y. Y. (2009). Modeling cascading failures in critical infrastructures. *Systems Engineering*.
6. Ковальчук В. В. Моделювання надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Проблеми надзвичайних ситуацій.
7. Grieves, M. (2014). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*.
8. IAEA. Safety of Nuclear Power Plants: Design. SSR-2/1 (Rev. 1). Vienna, 2016.
9. 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. DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.2.193.216>
10. Romin, A., Rashkevich, N., Otrosh, Yu. (2024). Overview of the modeling approaches of the technical condition of used building structures under force, deformation and high-temperature influences. Exploring the digital landscape: interdisciplinary perspectives. *Monograph. Copyright by Academy of Silesia, Katowice. 582–592.*

ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Рудешко І. В.,
Руських Д. С.*

Національний університет цивільного захисту України

Вступ. Енергетична інфраструктура є базовим елементом національної безпеки та сталого функціонування держави. Вона забезпечує життєдіяльність населення, роботу промисловості, систем оборони, зв'язку та транспорту. Порушення функціонування об'єктів енергетики призводить до масштабних соціально-економічних наслідків і може спричиняти каскадні відмови в інших секторах критичної інфраструктури.

В умовах воєнного стану об'єкти енергетичної інфраструктури стають пріоритетними цілями збройних атак, що підтверджує необхідність переходу від традиційних підходів до захисту до комплексних систем інженерного захисту, орієнтованих на забезпечення стійкості та швидкого відновлення функціонування [1, 3].

Актуальність проблеми. Досвід повномасштабної війни в Україні продемонстрував високу вразливість електростанцій, підстанцій, об'єктів генерації та магістральних електромереж до ракетних ударів, атак безпілотних літальних апаратів і диверсійних дій. Масовані ураження призводять не лише до фізичних руйнувань, а й до тривалих відключень електроенергії, що створює загрозу національній безпеці та гуманітарній стабільності.

Згідно з національними методиками оцінювання стану захищеності, такі об'єкти належать до критичної інфраструктури, порушення функціонування яких має загальнодержавний характер [1, 2]. Це зумовлює необхідність впровадження інженерних заходів, здатних забезпечити безперервність, або швидке відновлення енергопостачання в умовах воєнних дій.

Основна частина. У період воєнного стану до традиційних техногенних і природних ризиків додаються специфічні загрози, зумовлені характером збройного протистояння. Основними з них є:

- ракетно-артилерійські удари по об'єктах генерації та розподілу електроенергії;
- атаки безпілотних літальних апаратів і баражуючих боєприпасів;
- диверсійні дії проти критичних вузлів енергосистем;
- кіберфізичні атаки на автоматизовані системи керування технологічними процесами;
- повторні ураження об'єктів у процесі аварійного відновлення.

Такі загрози відповідають сценаріям кризових впливів, які розглядаються в концепції NATO Baseline Resilience, що визначає енергетичну безпеку як ключовий елемент стійкості держави відповідно до Статті 3 Північноатлантичного договору [4].

Інженерний захист об'єктів енергетичної інфраструктури в умовах воєнного стану доцільно розглядати як багаторівневу систему взаємопов'язаних заходів. Основними складовими такої системи є:

Конструктивний захист, що передбачає підсилення несучих конструкцій будівель і споруд, застосування вибухостійких матеріалів, зниження вразливості обладнання до осколкових уражень та врахування вимог державних будівельних норм щодо надійності і безпеки [6].

Просторове зонування та розосередження обладнання, які дозволяють мінімізувати ймовірність одночасного ураження критичних елементів системи та зменшити масштаби можливих аварій.

Інженерні загородження та захисні укриття, що застосовуються для трансформаторів, пунктів управління, систем живлення та іншого ключового обладнання.

Резервування та дублювання систем енергопостачання, включно з використанням резервних джерел живлення та альтернативних схем електропостачання, що відповідає принципам безперервності критичних послуг [3].

Міжнародне агентство з атомної енергії (ІАЕА) у своїх стандартах безпеки наголошує на необхідності забезпечення фізичного захисту та надійного електропостачання енергетичних об'єктів, особливо в умовах зовнішніх загроз і кризових ситуацій [5]. Ці підходи мають універсальний характер і можуть застосовуватися не лише до ядерних, а й до інших об'єктів енергетичної інфраструктури.

Підхід NATO Baseline Resilience передбачає здатність інфраструктури протистояти атакам, зберігати базові функції та швидко відновлюватися після порушень, що є визначальним для енергетичного сектору в умовах війни [4].

Система інженерного захисту об'єктів енергетичної інфраструктури в Україні базується на національних нормативних документах, які регламентують порядок оцінювання захищеності, визначення загроз та впровадження контрзаходів [1, 2].

Державні будівельні норми України визначають вимоги до надійності, стійкості та безпеки будівель і споруд, що є основою для проектування та модернізації енергетичних об'єктів у воєнний період [6]. Застосування цих норм у поєднанні з міжнародними стандартами дозволяє підвищити рівень захищеності та зменшити ризики системних відмов.

Висновки.

1. Воєнний стан суттєво підвищує рівень загроз для об'єктів енергетичної інфраструктури та потребує перегляду традиційних підходів до інженерного захисту [1, 3].

2. Ефективний інженерний захист можливий лише за умови комплексного поєднання конструктивних, технічних і організаційних заходів.

3. Інтеграція національних нормативів із міжнародними стандартами ІАЕА та принципами стійкості НАТО дозволяє забезпечити безперервність функціонування енергетичних об'єктів у воєнний період [4, 5].

4. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення методик сценарного моделювання та вибору інженерних контрзаходів для різних типів енергетичних об'єктів [7].

ЛІТЕРАТУРА

1. Адміністрація Держспецв'язку України. Методика оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури: наказ від 14.01.2025 № 17.

2. Адміністрація Держспецв'язку України. Критерії та показники оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури: наказ від 14.01.2025 № 17.

3. Коваль М. В., Коваль В. В., Коцюруба В. І., Білик А. С. Організаційно-технічні засади побудови системи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України.

4. NATO. Resilience, civil preparedness and Article 3.

5. IAEA. IAEA Safety Standards Series. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2017.

6. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів.

7. Рашкевич Н. В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст. 2023. Том 4, випуск 178. С. 232–251. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251.

ПИЛОВІ ВИБУХИ НА ЗЕРНОВИХ ЕЛЕВАТОРАХ: НЕОЧЕВИДНА ЗАГРОЗА ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

*Самойленко М. С.,
Степаненко В. О., PhD*

Національного університету цивільного захисту України

Агропромисловий комплекс України є одним із ключових секторів національної економіки, що супроводжується постійним розширенням інфраструктури зберігання та переробки зернових культур. Сучасні елеватори є потужними висококомеханізованими підприємствами, які належать до категорії об'єктів підвищеної небезпеки [1]. З-поміж низки техногенних загроз, притаманних експлуатації таких об'єктів, найбільш руйнівними є вибухи органічного пилу. Незважаючи на обізнаність фахівців із цією проблемою, зерновий пил часто залишається «неочевидною» загрозою для лінійного персоналу, оскільки на відміну від горючих газів чи рідин, він не сприймається як миттєве джерело небезпеки [2].

Органічний пил утворюється внаслідок механічного пошкодження зернівок під час їх переміщення норіями, конвеєрами, а також під час сушіння та сепарації. За своєю фізико-хімічною природою він є дрібнодисперсним твердим горючим матеріалом з надзвичайно розвиненою поверхнею окислення. Умовою для виникнення вибуху є одночасна наявність п'яти факторів («п'ятикутник вибуху»): горючої речовини (пилу), окислювача (кисню повітря), джерела ініціювання, дисперсного стану пилу у вигляді аерозолі певних концентрацій та замкненого простору [3, 4]

Критичним параметром для оцінки руйнівного потенціалу пилу є індекс його вибухонебезпечності, який визначається за кубічним законом [4]:

$$K_{st} = \left(\frac{dP}{dT} \right)_{max} \times V^{1/3} \quad (1)$$

Згідно з європейською класифікацією, більшість видів зернового пилу належать до класу St1 (слабовибуховий) або St2 (сильновибуховий). Проте, навіть пил із низьким K_{st} у замкненому просторі силоса здатен створити тиск, який багаторазово перевищує межу міцності залізобетонних та металевих конструкцій [3].

Головна небезпека аварій на елеваторах полягає в ефекті подвійного або ланцюгового вибуху. Первинний вибух зазвичай стається всередині технологічного обладнання (наприклад, у башмаку норії через перегрів підшипника) і має локальний характер. Однак ударна хвиля струшує так званий «відкладений» пил (аерогель), що роками накопичувався на балках, підвіконнях, кабельних трасах та стінах галерей. Цей пил миттєво переходить у зважений стан, утворюючи величезну хмару вибухонебезпечної суміші, яка запалюється від полум'я первинного хлопка. Вторинний вибух має катастрофічні наслідки: він руйнує будівлі, обладнання та є головною причиною травмування і загибелі персоналу.

Аналіз статистики аварійності свідчить, що основними джерелами запалювання на вітчизняних підприємствах є: порушення регламенту вогневих та зварювальних робіт (до 40 % випадків); механічне тертя через зношеність вузлів або пробуксовування норійних стрічок (близько 30 %); іскріння електрообладнання, що не відповідає вимогам вибухозахисту (до 15 %); мікробіологічне самозаймання вологого зерна [2, 3].

Для ефективної протидії загрозі пилових вибухів необхідне впровадження багаторівневої системи захисту, що включає організаційні, інженерно-технічні та конструктивні заходи. До превентивних заходів належить суворе дотримання графіків

вологого та вакуумного прибирання пилу в приміщеннях (використання стисненого повітря для обдування суворо заборонено). Критично важливою є установка ефективних систем аспірації для локалізації пилоутворення безпосередньо у вузлах перевантаження.

Важливим напрямом підвищення безпеки зернових елеваторів є впровадження сучасних автоматизованих систем контролю пилу та раннього виявлення небезпечних концентрацій. Використання датчиків запиленості, температурного моніторингу та систем виявлення іскр дозволяє оперативно реагувати на передаварійні стани ще до виникнення джерела займання. Інтеграція таких систем у єдину мережу управління забезпечує своєчасне відключення обладнання, запуск аварійної вентиляції та попередження персоналу про потенційну загрозу.

З метою мінімізації наслідків у разі виникнення нештатної ситуації, конструкції норій, силосів та фільтрів повинні обов'язково оснащуватися вибухорозрядними панелями (мембранами), площа яких розраховується з урахуванням об'єму захищеного апарата та індексу вибуховості пилу. Усі датчики (сходу стрічки, контролю швидкості, температури підшипників) та електрообладнання мають відповідати стандартам АТЕХ для роботи у вибухонебезпечних зонах класів 20, 21 або 22 [3].

Отже, пилові вибухи на зернових елеваторах є складною технічною проблемою, що потребує комплексного підходу. Безпечна експлуатація таких об'єктів неможлива без усвідомлення персоналом фізичної суті загрози пилу, модернізації систем аспірації та вибухозахисту, а також жорсткого контролю за дотриманням вимог охорони праці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України від 18.01.2001 № 2245-III. Дата оновлення: 01.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14> (дата звернення: 10.03.2026).
2. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна : НПАОП 15.0-1.01-17 : наказ Мінсоцполітики України від 20.09.2017 № 1504. Київ, 2017. 24 с. (дата звернення: 10.03.2026).
3. Вибухонебезпечні середовища. Запобігання вибухам і захист від вибухів. Частина 1. Основні концепції та методологія : ДСТУ EN 1127-1:2014 (EN 1127-1:2011, IDT) (дата звернення: 10.03.2026)..
4. Eckhoff, R. K. (2003). Dust Explosions in the Process Industries. 3rd ed. Boston : Gulf Professional Publishing, 720 p. (дата звернення: 10.03.2026).
5. NFPA 61: Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities. Quincy : National Fire Protection Association, 2020. 60 p. (дата звернення: 10.03.2026).

ПІДТРИМАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ: АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОЇ ЗАКОНОДАВЧОЇ БАЗИ ТА МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ

Селіхов Д. Ю.¹,

Мамонтов І. О.², к.ю.н., доцент

¹*Національний університет цивільного захисту України,*

²*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Системи протипожежного захисту (далі – СПЗ) забезпечують своєчасне виявлення пожежі, її локалізацію та ліквідацію, однак для ефективної роботи необхідно здійснювати періодичне технічне обслуговування. Відповідно до Кодексу цивільного захисту України [1] та ДБН В.2.5-56:2014 [2], підтримання експлуатаційної придатності таких систем здійснюється згідно з правилами, затвердженими органами виконавчої влади. Проте Правила пожежної безпеки в Україні [3] не визначають конкретні процедури щодо підготовки, етапів введення в експлуатацію, експлуатування та продовження строку експлуатації СПЗ. Вимоги з підтримання експлуатаційної придатності у вітчизняній базі розпорочені по різним національним стандартам та не узгоджені між собою, що потребує розроблення єдиного підходу та нормативно-правового акту. Настанова ДСТУ 9047:2020 [4] встановлює загальні вимоги до технічного обслуговування, але не містить конкретних процедурних дій та технічних рішень для підтримання працездатного стану систем.

Метою роботи є комплексний аналіз вітчизняної та міжнародної нормативно-правової бази технічного обслуговування систем протипожежного захисту, включаючи системи пожежної сигналізації, пожежогасіння, керування евакуюванням та системи протидимного захисту. Дослідження охоплює: аналіз вітчизняних та європейських стандартів для систем пожежної сигналізації та їх компонентів; вивчення процедур інспекцій та перевірок для спринклерних, дренчерних та інших систем водяного пожежогасіння; розгляд систем газового, порошкового та аерозольного пожежогасіння; аналіз систем оповіщення; вивчення систем протидимного захисту та розроблення уніфікованого підходу до технічного обслуговування та діагностування систем протипожежного захисту.

Проведений аналіз показав, що сучасна українська нормативна база потребує гармонізації з європейськими стандартами, особливо в частині деталізації процедур технічного обслуговування для кожного типу СПЗ, критеріїв оцінки справності компонентів та графіків перевірок. Запропонований підхід включає: уніфіковану процедуру технічного обслуговування для систем пожежної сигналізації та їх періодичності перевірки; детальні графіки інспекцій для спринклерних систем (щоденні, щотижневі, щомісячні та річні); методи контролю дренчерних систем; процедури обслуговування систем газового пожежогасіння та аерозольних систем; процедуру перевірки (випробування) систем протидимного захисту, а також процедуру оцінки відповідності систем протипожежного захисту на різних етапах її життєвого циклу. Розроблені матеріали можуть бути основою для розроблення нового національного стандарту, який буде гармонізований з міжнародною практикою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 року № 5403-VI.
2. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі Зміною № 1.
3. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справи України від 30.12.2014 № 1417.
4. ДСТУ 9047:2020 Системи протипожежного захисту. Настанова з підтримання експлуатаційної придатності.

ПОДАННЯ ТА РЕЄСТРАЦІЯ ДЕКЛАРАЦІЇ ВІДПОВІДНОСТІ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ СУБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ ВИМОГАМ ЗАКОНОДАВСТВА З ПИТАНЬ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Сербин В. А.

Національний університет цивільного захисту України

Сучасний вектор розвитку системи цивільного захисту в Україні, в тому числі реформування системи державного нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки, орієнтований на поступовий відхід від карально-наглядових методів на користь сервісно-орієнтованого підходу, тобто спрямований на зменшення регуляторного тиску на бізнес. Одним із найбільш дієвих механізмів дерегуляції господарської діяльності є впровадження декларативного принципу започаткування бізнесу. Актуальність дослідження процедури подання та реєстрації декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з питань пожежної безпеки зумовлена необхідністю чіткого розуміння суб'єктами господарювання своїх прав та обов'язків, а також мінімізацією корупційних ризиків через автоматизацію державних послуг.

Нормативно-правовим фундаментом даного процесу є Кодекс цивільного захисту України, зокрема стаття 57, яка встановлює, що декларація є документом, який дає право на експлуатацію об'єктів нерухомості. Деталізація процедури міститься у Постанові Кабінету Міністрів України № 440, яка визначає не лише форму декларації, а й порядок її подання, реєстрації та повернення. Сутнісна характеристика декларації полягає у переході відповідальності за безпеку об'єкта безпосередньо на власника або орендаря. Підписуючи цей документ, суб'єкт господарювання підтверджує, що на об'єкті дотримано встановлені норми: наявні первинні засоби пожежогасіння, працездатні системи сигналізації, забезпечено вільні шляхи евакуації та проведено інструктаж персоналу.

Особливу увагу слід приділити диференціації об'єктів за ступенями ризику. Для підприємств із високим ступенем ризику процедура є більш жорсткою: подання декларації можливе лише за наявності позитивного висновку за результатами оцінки протипожежного стану. Така оцінка проводиться суб'єктами господарювання, які мають відповідну ліцензію, що фактично впроваджує елементи недержавного аудиту безпеки. Для об'єктів середнього та незначного ступенів ризику процедура є максимально спрощеною, що відповідає європейським стандартам підтримки малого та середнього бізнесу.

Декларація подається суб'єктом господарювання, який має намір розпочати експлуатацію новостворених об'єктів нерухомості або використовувати об'єкти, що змінили своє функціональне призначення. Важливою умовою є наявність позитивного висновку за результатами оцінки (інспектування) протипожежного стану, якщо об'єкт належить до високого ступеня ризику.

Процес подання декларації на сучасному етапі повністю адаптований до вимог цифрової економіки. Завдяки інтеграції інформаційних систем Державної служби України з надзвичайних ситуацій із загальнодержавними цифровими сервісами, найефективнішим способом реєстрації стало використання Порталу Дія. Електронна форма подання дозволяє суб'єкту уникнути фізичного відвідування державних установ, що особливо важливо в умовах воєнного стану та необхідності забезпечення безперервності бізнес-процесів. Система автоматично перевіряє заповнення обов'язкових полів, що значно знижує відсоток технічних помилок, які раніше ставали причиною повернення документів. Крім електронного способу, зберігається можливість подання через Центри

надання адміністративних послуг (ЦНАП) або поштовим відправленням, що забезпечує інклюзивність послуги для всіх категорій підприємців.

Юридична специфіка реєстрації полягає у чітко визначених строках – 5 робочих днів. Важливим запобіжником проти бюрократичного зволікання є принцип «мовчазної згоди». Якщо орган державного нагляду у встановлений термін не надав зареєстрований примірник або обґрунтовану відмову, суб'єкт господарювання набуває право на провадження діяльності. Це стимулює державні органи до оперативності та прозорості. Водночас, реєстрація декларації не означає припинення контролю. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) проводить регулярний моніторинг зареєстрованих даних. У разі виявлення у декларації недостовірної інформації, яка має суттєве значення для безпеки, реєстрація може бути скасована, а суб'єкт притягнутий до адміністративної відповідальності за статтею 175-2 КУпАП.

Перспективним напрямком розвитку інституту декларування є впровадження механізму страхування цивільної відповідальності перед третіми особами. Це дозволяє суб'єктам господарювання з середнім та незначним ступенем ризику легально зменшити кількість планових перевірок, що є класичним прикладом переходу від «паперової безпеки» до реального фінансового забезпечення ризиків. Таким чином, декларація стає не просто формальним документом, а частиною комплексної стратегії безпеки підприємства.

Підсумовуючи, можна констатувати, що система декларування відповідності матеріально-технічної бази вимогам пожежної безпеки в Україні пройшла шлях від складної бюрократичної процедури до прозорого цифрового сервісу. Подальше вдосконалення цього інструменту має полягати у повній інтеграції з державними реєстрами речових прав, що дозволить автоматично верифікувати технічні характеристики об'єктів та зведе людський фактор до мінімуму. Це сприятиме зміцненню довіри між бізнесом та державою при одночасному підвищенні рівня захищеності населення від пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Вид. офіц.
2. Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності : Закон України від 06.09.2005 № 2806-IV. Вид. офіц.
3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо усунення обмежень у провадженні господарської діяльності : Закон України від 20.06.2013 № 353-VII. Вид. офіц.
4. Деякі питання набуття права на провадження певних дій щодо здійснення господарської діяльності або видів господарської діяльності за декларативним принципом : Постанова Кабінету Міністрів України від 07.12.2016 № 922. Вид. офіц.
5. Про затвердження Порядку подання і реєстрації декларації відповідності матеріально-технічної бази суб'єкта господарювання вимогам законодавства з питань пожежної безпеки : Постанова Кабінету Міністрів України від 05.06.2013 № 440. Вид. офіц.

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ БЕТОННИХ І ФІБРОБЕТОННИХ ОБОЛОНОК ПРИ ЗМІНІ ЇХ ТОВЩИНИ

*Сур'янінов М. Г., д.т.н., професор,
Метлицький В. В., PhD*

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Тонкостінні оболонки є одними з найбільш ефективних архітектурних форм завдяки їх здатності перекривати великі прольоти при мінімальній витраті матеріалів. Проте, ключовим фактором, що визначає їхню надійність, є товщина перерізу. У сучасній практиці будівництва спостерігається перехід від традиційного залізобетону до сталевібробетону, що зумовлено необхідністю зниження власної ваги конструкцій та підвищення їхньої тріщиностійкості.

Зміна товщини впливає на конструкцію нелінійно, оскільки вона одночасно змінює власну вагу, жорсткість на вигин та опір стисканню.

При проектуванні бетонних оболонок зміна товщини має суворі технологічні та конструктивні обмеження. Мінімальна товщина бетонної оболонки обмежена необхідністю забезпечення захисного шару бетону для арматурних сіток. Це призводить до того, що конструкція часто стає «переваженою». Чим менша товщина бетонної оболонки, тим вища її чутливість до випадкових ексцентриситетів. При малих h будь-яке відхилення від проектної осі створює згинальний момент, який бетон без фібри не здатний ефективно перерозподілити. У звичайному бетоні при досягненні критичного навантаження руйнування відбувається миттєво. Збільшення товщини лише відтермінує цей момент, але не змінює характер руйнування [1].

Сталевібробетон демонструє якісно іншу реакцію на зміну товщини. Основною відмінністю є робота матеріалу після появи першої тріщини. У сталевібробетоні міцність на розтяг при згині значно вища. Це дозволяє оболонці витримувати моменти, що виникають при зменшенні товщини, без ризику раптового колапсу. Сталевібробетон має властивість «псевдопластичності». При зменшенні товщини конструкція стає більш гнучкою, але за рахунок фібри вона зберігає здатність до перерозподілу зусиль між перенапруженими ділянками. Якщо для бетону діаграма (навантаження-прогин) обривається піково, то для сталевібробетону вона має пологий спадний (або висхідний) характер, що дає запас часу перед руйнуванням [2].

Для проведення основних випробувань було спроектовано та виготовлено спеціальний стенд (рис. 1).



Рисунок 1 – Випробувальний стенд

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень

Модель	Товщина, мм	Несуча здатність, кН
RC1	45	96,4
RC2	50	101,6
RC3	55	109,6
RC4	60	117,9
FRC1	45	128,6
FRC2	50	149,9
FRC3	55	167,6
FRC4	60	182,2

Відповідно до програми випробувань оболонок виготовлено 4 моделі циліндричної оболонки із залізобетону (зразки RC1-RC4) та 4 моделі із фібробетону (зразки FRC1-FRC4). Всі зразки мали постійну довжину 2450 мм та радіус поперечного перерізу 270 мм, а варіювалися товщина оболонки та розміри поперечного перерізу бортових елементів. Товщина зразків становила 45, 50, 55, 60 мм.

Розподілене вертикальне навантаження прикладено по чотирьох смугах, шириною 13 см кожна. Оболонка шарнірно спирається з кутів на пластини 100x100мм.

Зміна товщини в бетонних оболонках обмежена жорсткими рамками стійкості та нормами армування. Екстенсивне збільшення товщини є малоефективним через ріст маси.

Несуча здатність бетонних оболонок, збільшилась з 96,4 кН до 117,9 кН, тобто на 19 % а у сталеві фібробетонних відповідно несуча здатність підвищилась з 128,6 кН до 182,2 кН, тобто на 42 %.

Порівняння показує, що товщина оболонки є критичним параметром для обох типів матеріалів, однак ступінь її впливу різний. Бетонні оболонки характеризуються високою чутливістю до зменшення товщини, тоді як фібробетон дозволяє зберігати необхідну несучу здатність навіть при тонкостінному виконанні.

Зі зменшенням товщини фібробетонної оболонки несуча здатність також зменшується, проте цей процес має менш інтенсивний характер. Фібра забезпечує стримування розвитку мікро- та макротріщин, що дозволяє оболонці зберігати працездатність навіть після перевищення розтягувальної міцності бетонної матриці.

Використання фібробетону є доцільним для тонкостінних оболонкових конструкцій.

Оптимізація товщини з урахуванням властивостей матеріалу дозволяє підвищити ефективність оболонкових систем. Збільшення товщини бетонної оболонки ефективно лише до певної межі, поки зростання власної ваги не починає нівелювати приріст міцності.

Сталеві фібробетон дозволяє проектувати оболонки меншої товщини з вищою експлуатаційною надійністю.

Збільшення товщини у звичайному бетоні – це екстенсивний шлях, який веде до перевантаження конструкції власною вагою. У сталеві фібробетоні зміна товщини дозволяє маневрувати. Фактично, сталеві фібробетон дозволяє створювати оболонки, де «працює» кожен міліметр товщини, тоді як у звичайному бетоні значна частина перерізу може залишатися баластом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Карпюк В. М., Костюк О. І., Сорохманюк В. В. Опір залізобетонних та сталеві фібробетонних елементів і конструкцій. Одеса: ВМВ, 2015. 450 с.

2. Семко О. В., Фесенко О. А. Вплив дисперсного армування на стійкість та несучу здатність тонкостінних оболонок. Збірник наукових праць ПолтНТУ (Серія: Галузеве машинобудування, будівництво). Полтава, 2018.

ДЕЯКІ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ КЛІНКЕРУ БАРІЙМІСНОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

*Тараненкова В. В.¹, д.т.н., доцент,
Золотарьов К. В.¹, аспірант,
Миргород О. В.², к.т.н., с.н.с., доцент,
Пирогов О. В.², к.т.н., доцент,
Репетило А. В.²,
Кривешко А. М.²*

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

²Національний університет цивільного захисту України

Приблизно половина будівель і споруд у різних галузях народного господарства (наприклад, гідроелектростанції, мости, тунелі, нафтові та газові свердловини, морські пірси, об'єкти ядерної енергетики) піддається впливу різних агресивних середовищ, таких як солоні ґрунти, мінералізовані води, морська вода.

Найбільшого поширення набула сульфатна агресія. Вміст сульфатів у ґрунтових та промислових водах коливається в широких межах і може перевищувати 5000 мг/л (у перерахунку на SO_4^{2-}). У цьому випадку навіть для конструкцій із особливо щільного бетону на сульфатостійкому портландцементі потрібен спеціальний гідроізоляційний захист, що призводить до значного здорожчання будівництва.

Часткова заміна в портландцементі оксиду кальцію CaO оксидом барію BaO може розглядатися як один з перспективних шляхів поліпшення фізико-механічних і будівельно-технічних властивостей портландцементу, оскільки барійвмісні цемента мають цілу низку цінних властивостей: підвищену вогнетривкість, здатність послаблювати інтенсивність радіоактивних випромінювань, підвищену питому вагу і хімічну стійкість до дії деяких агресивних середовищ. Таким чином, стає можливим розширити межі використання бетону в сульфатних середовищах без додаткового захисту за рахунок застосування портландцементу, що містить барій, який характеризується більш високою корозійною стійкістю проти сульфатної агресії в порівнянні з сульфатостійким портландцементом [1].

Головними складовими портландцементного клінкеру є: аліт – основою якого є трикальцієвий силікат, беліт – на основі дикальцієвого силікату, трикальцієвий алюмінат та чотирикальцієвий алюмоферит. При створенні сировинних сумішей для синтезу клінкерів барійвмісного портландцементу авторами були враховані деякі особливості [2, 3].

В якості вихідних сировинних матеріалів для синтезу клінкеру барійвмісного портландцементу використовувалися вуглекислі кальцій і барій марки ХЧ, кислота кремнева безводна, оксиди алюмінію та заліза (III) марки ЧДА. Помел і змішування сировинних шихт заданого складу здійснювався за «мокрим» способом (вологість суміші становила 50 мас. %) протягом 10–15 год до повного проходження крізь сито № 006.

З висушених сумішей методом напівсухого пресування формувалися зразки-циліндри (вологість матеріалу досягала 4–6 мас. %, питома навантаження пресування – 50 МПа). Випал зразків здійснювався в криптоловій печі при максимальній температурі синтезу 1350–1380 °С з ізотермічною витримкою при максимальній температурі 3 годин з подальшим повітряним охолодженням.

Петрографічні дослідження зразків виконувались під мікроскопом у світлі, що проходить в іммерсійних препаратах і в відбитому - в полірованих аншлифах.

Петрографічні дослідження клінкерів барійвмісного портландцементу виявили такі особливості: структура дрібнозерниста, зразок складається в основному з безбарвних кристалів $\text{Ba}_2\text{SiO}_4\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ ізометричної, полігональної, таблитчастої (пластинчастої) форми розміром 7–25 мкм, максимум 45 мкм, цементованих плівками та дрібними зернами (призми) браунмілериту $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}$ (рис. 1).

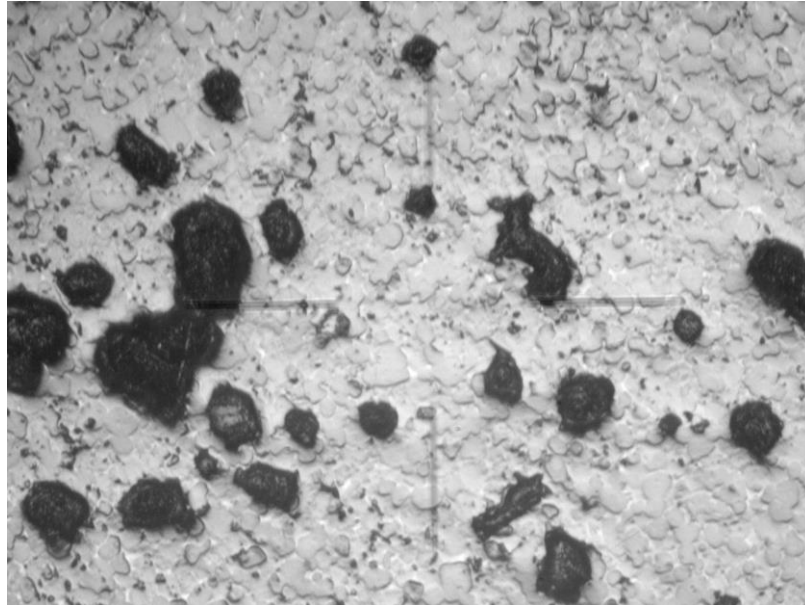


Рисунок 1 – Мікроструктура клінкеру барійвмісного портландцементу: кристали $\text{Ba}_2\text{SiO}_4\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ (1) у плівках браунмілериту (2), пори (3)

ЛІТЕРАТУРА

1. Ткачук В. О., Тараненкова В. В., Шепель Т. В. Дослідження сульфатостійкості барійвмісного портландцементу : тези доповідей IV Університетської науково-практичної студентської конференції магістрантів НТУ «ХП». Харків: НТУ «ХП», 2010. Ч. 3. С. 93–95.
2. Тараненкова В. В., Кожанова А. М., Буличова О. В. Жаростійкий цемент на основі потрійної сполуки $\text{Ba}_5\text{Ca}_3\text{Si}_4\text{O}_{16}$: зб. наук. праць ОАО «УкрНІПВогнетривів ім. А. С. Бережного». Харків: Каравела, 2001. Вип. 101. С.113–119.
3. Mirgorod, O. Shabanova, G., Ruban, A., Shvedun, V. (2021). Experiment Planning for Prospective Use of Barium-Containing Alumina Cement for Refractory Concrete Making, In Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd. 1038. 330–335.

ОПЕРАТИВНЕ ПІСЛЯАВАРІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ УДАРНО-ВИБУХОВИХ ВПЛИВІВ

Томенко В. І.¹, к.т.н., доцент,

Томенко М. Г.², к.пед.н., доцент

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Київський науково-дослідний інститут судових експертиз

В умовах воєнних загроз і зростання кількості локальних руйнувань будівель особливої актуальності набуває оперативне післяаварійне оцінювання їхнього технічного стану. Для підрозділів цивільного захисту принципово важливо в стислий строк встановити не лише факт пошкодження окремих конструктивних елементів, а й визначити, чи зберігає будівля залишкову несучу здатність, які ділянки становлять найбільшу небезпеку та чи можливе безпечне перебування особового складу в межах пошкодженого об'єкта. За таких умов візуальний огляд є необхідним, але недостатнім, оскільки зовнішньо збережена геометрія споруди не виключає прихованої втрати жорсткості, порушення сумісної роботи бетону й арматури та ризику вторинного руйнування.

Метою роботи є узагальнення методичного підходу до оперативного післяаварійного оцінювання надійності та ідентифікації небезпечних ділянок залізобетонних будівель після ударно-вибухових впливів. В основу підходу покладено розгляд будівлі як просторово зв'язаної системи, у якій після локального пошкодження змінюються розрахункова схема, жорсткісні характеристики елементів, розподіл внутрішніх зусиль і умови подальшої роботи конструктивної системи. Такий підхід відповідає сучасним положенням щодо оцінювання прогресуючого обвалення та враховує потребу швидкого переходу від результатів розрахунку до інженерного висновку, придатного для прийняття рішень під час реагування на надзвичайні ситуації [1–3].

Запропонований підхід передбачає поетапне виконання інженерного аналізу. На першому етапі формується просторова розрахункова модель будівлі з урахуванням колон, ригелів, плит перекриття, діафрагм жорсткості та вузлів спірання. На другому етапі визначається початковий напружено-деформований стан конструктивної системи під дією постійних і експлуатаційних навантажень. На третьому етапі задається локальний імпульсний вплив, що моделює аварійну подію, після чого виконується прямий нелінійний динамічний аналіз. Це дає змогу врахувати часовий розвиток переміщень, інерційні ефекти, фізичну та геометричну нелінійність, а також зміну просторової роботи конструктивної системи після локального пошкодження [2].

Ключовою відмінністю методу є перехід від якісного опису пошкоджень до системи кількісних індикаторів. Для цього оцінюються локальне матеріальне пошкодження бетону й арматури, ступінь конструктивного пошкодження окремих елементів, інтегральний рівень пошкодження будівлі, коефіцієнт залишкової несучої здатності та показник структурної живучості. На їх основі визначається індекс оперативної надійності будівлі, який узагальнює результати складного чисельного аналізу та робить їх придатними для швидкого інженерного висновку. Додатково використовується індекс небезпечності конструктивної ділянки, що дозволяє локалізувати зони підвищеного ризику і формувати карту небезпечних ділянок пошкодженої споруди.

Практичне значення індексу оперативної надійності полягає в можливості класифікувати об'єкти за рівнем допустимості доступу. Якщо його значення перевищує 0,60, будівлю доцільно розглядати як таку, що допускає контрольований доступ за умови постійного моніторингу стану конструкцій. У межах 0,20-0,60 доцільно запроваджувати

режим обмеженого доступу з інженерними та організаційними заходами безпеки. Якщо значення не перевищує 0,20, об'єкт слід відносити до аварійно небезпечних, а вхід - забороняти до виконання стабілізаційних заходів. Така інтерпретація дозволяє перейти від загального експертного судження до більш обґрунтованого рішення щодо тактики проведення пошуково-рятувальних робіт.

Карта небезпечних ділянок, сформована на основі локальних індексів, має особливу цінність для штабів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та інженерно-технічних груп. Вона дає можливість визначити безпечні маршрути просування, місця встановлення рятувального обладнання, зони можливого підсилення та ділянки, перебування в яких є неприпустимим. Для практичного використання у системі цивільного захисту доцільно застосовувати таку послідовність дій: первинне інженерне обстеження з фіксацією тріщин, залишкових деформацій та пошкоджень несучих елементів; побудову спрощеної або уточненої просторової моделі; розрахунок інтегральних показників; підготовку висновку щодо режиму доступу, потреби у тимчасових підпорах і вибору безпечних маршрутів просування рятувальників. Така процедура скорочує час від первинного огляду об'єкта до прийняття обґрунтованого оперативного рішення та підвищує безпеку особового складу.

Отже, оперативне післяаварійне оцінювання надійності залізобетонних будівель після ударно-вибухових впливів доцільно розглядати як окремих напрям інженерного забезпечення заходів цивільного захисту. Запропонований підхід поєднує просторове чисельне моделювання, прямий нелінійний динамічний аналіз, урахування локальної деградації матеріалів, інтегральне оцінювання пошкодження та просторову локалізацію небезпечних ділянок. Його використання створює підґрунтя для розроблення модулів підтримки рішень, підвищення обґрунтованості доступу до пошкоджених споруд і зниження ризику для рятувальників під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels : CEN, 2004. 225 p.
2. UFC 3-340-02. Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. Washington : Department of Defense, 2008.
3. Майборода Р. І., Отрош Ю. А. Дослідження методики розрахунку стійкості до прогресуючого обвалення будівель внаслідок пожежі та вибуху. Комунальне господарство міст. 2025. Т. 3, вип. 191. С. 485-495.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

*Торчевська Є. Е.,
Степаненко В. О., PhD*

Національного університету цивільного захисту України

Об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН) відіграють важливу роль у функціонуванні сучасної економіки, однак їх експлуатація пов'язана з підвищеним рівнем техногенного ризику [1]. Наявність значних обсягів горючих, вибухонебезпечних та хімічно активних речовин, складність технологічних процесів, а також висока концентрація енергетичних ресурсів створюють передумови для виникнення пожеж і аварій, що можуть мати масштабні наслідки для персоналу, населення та довкілля [1].

У таких умовах оцінка ризиків виникнення пожеж є ключовим елементом системи забезпечення пожежної безпеки. Вона дозволяє не лише визначити рівень небезпеки, але й обґрунтувати необхідність впровадження відповідних технічних та організаційних заходів. Пожежний ризик характеризується як поєднання ймовірності виникнення пожежі та тяжкості її наслідків, що відображає потенційну небезпеку для об'єкта. Основними факторами, що формують пожежний ризик на ОПН, є фізико-хімічні властивості речовин (температура спалаху, температура займання, межі вибуховості), умови їх зберігання та транспортування, параметри технологічних процесів, а також наявність і характер джерел запалювання. Важливу роль відіграють і зовнішні фактори, зокрема температурний режим, вентиляція, наявність відкритих джерел вогню та електрообладнання. Аналіз причин виникнення пожеж на об'єктах підвищеної небезпеки свідчить, що найбільш поширеними є порушення технологічного режиму, витіки горючих речовин, несправність або зношеність обладнання, а також людський фактор, пов'язаний з недотриманням вимог пожежної безпеки. Особливо небезпечними є ситуації, пов'язані з утворенням вибухонебезпечних паро-газоповітряних сумішей, які можуть призвести до вибуху навіть при незначному джерелі запалювання.

Процес оцінки пожежного ризику включає кілька етапів. На першому етапі здійснюється ідентифікація небезпечних факторів, що можуть призвести до виникнення пожежі. Далі проводиться аналіз можливих сценаріїв розвитку подій, включаючи поширення пожежі, вплив температури, диму та токсичних продуктів горіння. Наступним етапом є оцінка ймовірності реалізації цих сценаріїв, що може базуватись на статистичних даних або експертних оцінках. У більш складних випадках для оцінки ризику застосовуються методи математичного моделювання, які дозволяють врахувати вплив різних факторів та отримати більш точні результати. Також широко використовуються методи аналізу небезпек і критичних контрольних точок, дерева відмов та подій, що дає можливість системно оцінити всі потенційні ризики. Оцінка пожежного ризику на об'єктах підвищеної небезпеки також передбачає використання кількісних показників, які дозволяють більш точно визначити рівень загрози. До таких показників належать індивідуальний та соціальний ризик, що характеризують імовірність ураження окремої особи або групи людей у разі виникнення пожежі. Використання кількісних методів дає змогу порівнювати рівень небезпеки різних об'єктів, визначати пріоритетність впровадження заходів безпеки та обґрунтовувати економічну доцільність витрат на протипожежний захист. Зниження пожежного ризику на ОПН досягається шляхом впровадження комплексу заходів. До технічних заходів належать автоматичні системи пожежної сигналізації, системи пожежогасіння (водяні, пінні, газові), системи контролю

технологічних параметрів, а також використання вибухозахищеного обладнання [2]. Важливим є забезпечення герметичності технологічних систем та запобігання витокам горючих речовин. Організаційні заходи включають розробку та впровадження інструкцій з пожежної безпеки, регулярне навчання та інструктаж персоналу, проведення тренувань з ліквідації надзвичайних ситуацій, а також здійснення постійного контролю за дотриманням вимог безпеки. Особливу роль відіграє культура безпеки на підприємстві, яка передбачає усвідомлення персоналом потенційних ризиків та відповідальності за їх попередження. Сучасні тенденції у сфері забезпечення пожежної безпеки передбачають використання інформаційних технологій, зокрема автоматизованих систем моніторингу та управління ризиками, що дозволяють оперативно реагувати на зміни параметрів технологічного процесу та запобігати виникненню аварійних ситуацій. Важливою складовою оцінки пожежних ризиків є впровадження сучасних технологій, таких як автоматизовані системи моніторингу. Вони дозволяють оперативно відслідковувати зміни технологічних параметрів, таких як температура, тиск, та рівень запалюваних речовин, що можуть спричинити надзвичайну ситуацію. Завдяки таким системам, аварійні ситуації можна виявити на ранніх стадіях, що дає змогу швидко вжити заходів для їх запобігання. Важливим аспектом є також забезпечення правильного функціонування пожежних сигналізацій та систем гасіння пожеж, що повинні бути перевірені та налагоджені відповідно до вимог нормативних стандартів.

Іншим важливим напрямом є регулярне навчання персоналу щодо дотримання вимог пожежної безпеки, а також проведення тренувань з ліквідації надзвичайних ситуацій. Створення культури безпеки на підприємствах, де співробітники розуміють і несуть відповідальність за попередження ризиків, сприяє зниженню ймовірності виникнення пожеж. Впровадження відповідних організаційних заходів, таких як моніторинг дотримання стандартів безпеки, допомагає знизити ймовірність аварій та покращити рівень захисту як персоналу, так і навколишнього середовища.

Таким чином, оцінка ризиків виникнення пожеж на об'єктах підвищеної небезпеки є необхідною умовою ефективного функціонування системи пожежної безпеки. Комплексний підхід до аналізу та управління ризиками дозволяє знизити ймовірність виникнення пожеж, мінімізувати їх наслідки та забезпечити належний рівень захисту персоналу, населення і навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (дата звернення: 02.04.2026).
2. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України від 18.01.2001 № 2245-III (дата звернення: 02.04.2026).

АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ЗАХОДІВ ПО ЗНИЖЕННЮ ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ

*Тригуб В. В.¹, к.т.н., доцент
Anszczak M.², EngD*

¹Національний університет цивільного захисту України

²Main School of Fire Service in Warsaw (Poland)

В результаті аналізу проблем прийняття рішень при управлінні пожежною безпекою промислових об'єктів виявлено, що через велику кількість можливих заходів, а також значну кількість параметрів, що впливають на кінцеві значення пожежних ризиків [1, 2], складно визначити ефективні з технічної та економічної точки зору комбінації заходів, які спрямовані на управління пожежною безпекою без використання сучасних інструментів підтримки прийняття рішень. Складність порівняння комбінацій заходів також зумовлена необхідністю адаптивно змінювати параметри систем забезпечення пожежної безпеки при динамічно змінюваних значеннях пожежних ризиків, оскільки будь-яка зміна об'єкта захисту при прийнятті управлінських рішень вимагає перерахунку розрахункового масиву пожежних ризиків [3], що веде до зниження продуктивності праці. При розгляді систем підтримки прийняття рішень на промислових об'єктах, було зроблено висновок про те, що вони мають спільний недолік – відсутність баз даних щодо прийнятих рішень, інтелектуальних методів та алгоритмів підтримки прийняття рішень щодо управління пожежною безпекою на їх території [4, 5].

Таким чином, однією з проблем аналізу прийняття рішень є великий обсяг інформації, яку потрібно обробити. Проблема вибору правильної комбінації заходів щодо управління пожежною безпекою промислових об'єктів так само обумовлена великою кількістю параметрів технологічного обладнання, яке впливає на підсумкові значення пожежних ризиків:

- параметрів технологічних апаратів, що знаходяться на території;
- характеристикою території виробничого об'єкта;
- характеристикою речовин і матеріалів, що обертаються;
- кліматичними умовами зони розміщення, а також складним описом технологічних процесів.

Можна виявити найважливіші чинники, які впливають на прийняття рішень під час управління пожежними ризиками:

- різноманітність номенклатури речовин і матеріалів, що утворюють технологічні середовища з різними пожежонебезпечними властивостями;
- значну кількість можливих сценаріїв розвитку пожежонебезпечних ситуацій;
- велика кількість різних видів та параметрів технологічних машин та апаратів;
- територіальне зонування технологічного устаткування на об'єкті;
- розвиток селітебної території поблизу нафтогазового об'єкта;
- оцінка ефективності прийнятих управлінських рішень з управління пожежними ризиками.

Усі розглянуті чинники впливають на складність управління пожежними ризиками та величину невизначеності їх підсумкових значень.

Через велику кількість параметрів, які необхідні при розрахунку пожежних ризиків, та альтернатив забезпечення протипожежного захисту, управління пожежною безпекою, у тому числі підбір оптимального набору заходів, є складним комплексним завданням, вирішення якого вимагає створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Для більш зрозумілого представлення порядку оцінки ефективності заходів щодо зниження пожежних ризиків було розроблено блок-схему (алгоритм) процесу оцінки заходів з управління пожежною безпекою нафтогазових об'єктів та вибору відповідних з них (рис. 1).

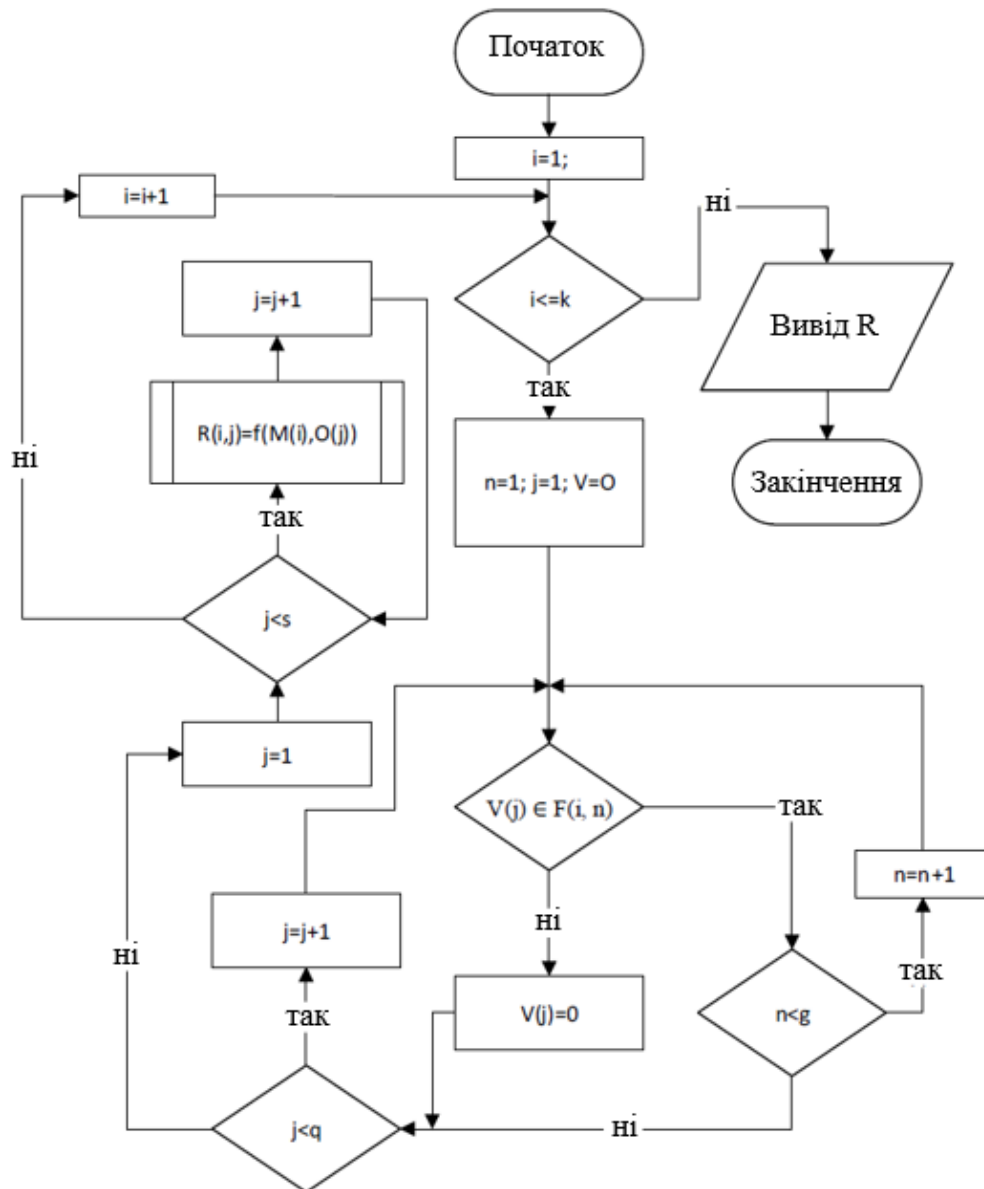


Рисунок 1 – Блок-схема (алгоритм) пошуку відповідних заходів щодо зниження пожежних ризиків та аналізу їх ефективності:

M – масив із заходами щодо зниження пожежних ризиків; i – лічильник заходів щодо зниження пожежних ризиків; k – кількість заходів щодо зниження пожежних ризиків; O – масив об'єктів на території; j – лічильник об'єктів; q – кількість об'єктів; F – двомірний масив із тегами фільтрів; n – лічильник фільтрів; g – кількість фільтрів; V – об'єкти придатні до аналізованого рішення; s – кількість об'єктів, які підходять до даного рішення; R – масив із значеннями цільової функції.

Даний алгоритм можна представити наступним чином:

1. Вибір одного заходу з бази даних рішень щодо управління пожежною безпекою.
2. Аналіз об'єктів, до яких може бути застосовано це рішення.
3. Оцінка рівня пожежної безпеки із застосованим рішенням для кожного об'єкта.
4. Збереження набору заходів та отриманого значення цільової функції у масив.
5. Якщо проведено аналіз усіх заходів, то переходимо до пункту 6, інакше до пункту 1.
6. Ранжування та подання всіх можливих заходів у порядку зменшення

ефективності.

Таким чином, важливими завданнями вдосконалення методів управління пожежною безпекою на території об'єктів промислових об'єктів є:

1. Розробка інформаційних систем з оцінки ризиків з можливістю додавання нових модулів з управління пожежною безпекою з базою даних зі статистичною інформацією, а також характеристиками речовин та можливими сценаріями розвитку пожежонебезпечних подій.

2. Створення бази даних із можливими заходами, спрямованими на підвищення пожежної безпеки об'єкта.

3. Створення інтелектуальних методів та алгоритмів управління пожежною безпекою нафтогазових об'єктів, що дозволяють оцінювати індивідуальні особливості кожного об'єкта та спираючись на це визначати оптимальні рішення.

Усі перелічені вище складові повинні перебувати в межах однієї системи, внаслідок чого з'явиться можливість структурувати процес визначення значень величин пожежних ризиків та вибір заходів, спрямованих на їхнє зниження.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 16732-1:2018 Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 1. Загальні положення (ISO 16732-1:2012, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=78554

2. ДСТУ ISO/TR 16732-3:2018 Інжиніринг пожежної безпеки. Оцінювання пожежного ризику. Частина 3. Приклад промислового підприємства (ISO/TR 16732-3:2013, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=78556

3. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с. (Національний стандарт України). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=82138

4. Шабельник Н. О., Тригуб В. В. Вимоги до системи управління пожежною безпекою на нафтогазових об'єктах: матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗ України, 29 лютого 2024. С. 64–65. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19986>

5. Шабельник Н. О., Тригуб В. В. Проблеми прийняття управлінських рішень щодо забезпечення пожежної безпеки на об'єктах нафтогазової промисловості : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків : НУЦЗ України, 2024. С. 127–128. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20695>

ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У БУДІВЛЯХ, ЗВЕДЕНИХ МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ

*Троян І. С.,
Рашикевич Н. В., PhD*

Національний університет цивільного захисту України

Впровадження адитивних технологій у будівництві змінює підходи до проектування та зведення будівель і вимагає переосмислення питань їх конструктивної надійності та безпеки з позицій запобігання надзвичайним ситуаціям. Будівельний 3D-друк відрізняється від традиційних технологій бетонування за рахунок пошарового формування елементів, технологічно зумовленої неоднорідності матеріалу та анізотропії фізико-механічних властивостей, що впливає на несучу здатність конструкцій і характер їхньої роботи в умовах аварійних навантажень. За таких умов застосування класичних розрахункових схем без урахування специфіки адитивного формування може призводити до некоректної оцінки рівня безпеки та підвищення імовірності реалізації небезпечних сценаріїв, пов'язаних із частковими або прогресуючими руйнуваннями.

Огляд наукових джерел показує наявність двох взаємодоповнювальних напрямів досліджень у сфері будівельного 3D-друку.

У роботі [1] запропоновано методологічний підхід до оцінювання міцнісних характеристик конструкцій, виготовлених за допомогою будівельного 3D-принтера, з урахуванням шаруватої структури матеріалу та впливу технологічних параметрів друку. Автори обґрунтовують необхідність модифікації традиційних розрахункових моделей шляхом урахування анізотропії та неоднорідності властивостей, що дозволяє підвищити достовірність прогнозування поведінки конструкцій під навантаженням і знизити ризик аварійних станів. Водночас у дослідженні [2] розглянуто ризики експлуатації 3D-друкованих будівель, зокрема у частині пожежної безпеки, надійності несучих елементів та відповідності чинним нормативним вимогам. Наголошено, що недостатня регламентація адитивних технологій і обмежений досвід їх практичного застосування створюють додаткові передумови виникнення надзвичайних ситуацій, що зумовлює потребу в превентивних підходах до оцінювання безпеки на етапі проектування.

Зниження ризику надзвичайних ситуацій у будівлях, зведених методом 3D-друку, доцільно розглядати як задачу, що поєднує розрахункову оцінку міцності конструкцій та аналіз імовірності реалізації небезпечних сценаріїв під час експлуатації. Несучу здатність 3D-друкованих елементів доцільно описувати з урахуванням анізотропії та технологічних факторів за допомогою узагальненої залежності:

$$R_d = k_a \cdot k_t \cdot R_0, \quad (1)$$

де R_0 – розрахунковий опір матеріалу, визначений за класичними методиками для монолітного бетону, k_a – коефіцієнт анізотропії, що враховує орієнтацію шарів друку відносно напрямку дії навантаження, k_t – коефіцієнт технологічної якості, який відображає вплив параметрів 3D-друку на фізико-механічні властивості матеріалу. Умова безпечної роботи конструктивного елемента за граничним станом міцності має вигляд:

$$R_d \geq S, \quad (2)$$

де S – розрахункове навантаження з урахуванням можливих аварійних впливів, а її порушення розглядається як потенційна передумова виникнення надзвичайної ситуації конструктивного характеру.

Для кількісного оцінювання рівня небезпеки доцільно застосовувати ризик-орієнтований підхід, відповідно до якого ризик визначається співвідношенням:

$$R_s = P_f \cdot C_f, \quad (4)$$

де P_f – імовірність відмови конструкції, C_f – тяжкість наслідків відмови. Імовірність відмови може бути визначена на основі функції граничного стану:

$$g(X) = R_d - S, \quad (5)$$

де X – вектор випадкових параметрів, що характеризують властивості матеріалу, геометрію елементів і умови експлуатації. Умовою безпечної експлуатації є виконання нерівності $g(X) > 0$ з імовірністю, що відповідає заданому рівню надійності.

Попередження надзвичайних ситуацій може бути досягнуте шляхом цілеспрямованого керування параметрами математичних моделей, зокрема оптимізацією технологічних режимів 3D-друку, підвищенням однорідності матеріалу та раціональним вибором орієнтації шарів, що зменшує імовірність відмови конструкцій. Обмеження можливих наслідків відмови забезпечується конструктивними рішеннями, спрямованими на запобігання прогресуючим руйнуванням, а також впровадженням інженерних заходів захисту, що в сукупності створює основу для попередження надзвичайних ситуацій у будівлях, зведених методом будівельного 3D-друку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Soshinskiy, O., Rashkevich, N., Shakhov, S., Melnychenko, A. (2025). Formulating a Calculation Methodology for Assessing the Strength Characteristics of Building Structures Constructed with a Construction 3D Printer. *Solid State Phenomena*. 380. 73–81. DOI: 10.4028/p-N2d6lD.
2. Середенко Б. В., Рашкевич Н. В. Безпекові аспекти будівель споруджених за допомогою технології 3D друку : матеріали Міжнародної наук.-практ. конф. «Problems of Emergency Situations». Черкаси: НУЦЗ України, 2025 р. С. 139–140.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ ОБ'ЄКТІВ ЕКОНОМІКИ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ

Убайдуллаєв Ю. Н., к.т.н., професор

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Дослідження напружено-деформованого стану просторової роботи будівель і споруд – одне з істотних джерел збільшення їх безпеки та надійності, економії будівельних матеріалів. У тонкостінних конструкціях елементів об'єктів економіки та інфраструктури (ОЕІ) типу оболонки, складок тощо, ефект просторової роботи реалізується найбільшою мірою. Завдяки цьому та іншим якостям, питома вага цих конструкцій у будівництві безперервно зростає. Розроблення і застосування тонкостінних конструкцій здійснюється за двома основними напрямками. Перший напрямок зв'язаний із застосуванням якісно нових конструктивних форм, другий – із створенням просторових конструкцій і конструктивних систем на основі існуючої бази індустрії, без істотного збільшення капіталовкладень в її реконструкції.

Поширеним конструкційним матеріалом у будівництві, у тому числі і для створення тонкостінних просторових конструкцій ОЕІ, нині є залізобетон. Проте найбільш вивчена робота залізобетону стосовно простих напружених станів, які виникають у стрижневих елементах і системах із них, що і зафіксовано в сучасних нормативних документах. Застосування фізичних моделей і нормованих фізико-механічних параметрів залізобетону, отриманих на стрижневих елементах, для проектування тонкостінних конструкцій не завжди допустимо, а інколи призводить до серйозних неточностей під час оцінки граничних станів цих конструкцій. Адекватність дослідження таких моделей стає ще проблематичнішою в разі проектування комбінованих тонкостінних конструкцій. Залізобетон як конструктивний матеріал, відрізняється від інших характерними особливостями, які залежать від виду та рівня напружено-деформованого стану і перешкоджають розробленню механіко-математичних моделей та алгоритмів для їх реалізації. Неоднорідність, анізотропія, суттєва нелінійність, тріщиноутворення та інші специфічні властивості залізобетону виявляються вже на ранній стадії деформування. Із зростанням рівня навантаження відмінність деформативних властивостей бетону і арматури викликає перерозподіл напружень з бетону на арматуру, при цьому зменшується інтегральна жорсткість перерізів, збільшуються переміщення і відбувається перерозподіл внутрішніх зусиль між ділянками конструкції при структурних змінах матеріалів.

В даній роботі розглянуто симетрично зібрану відносно серединної поверхні неоднорідну тонку пружну оболонку обертання в системі криволінійних ортогональних координат, які співпадають з лініями головних викривлень координатної поверхні, яка працює в умовах безмоментного напружено-деформованого стану.

Оскільки в залізобетонних оболонках з тріщинами головні вісі анізотропії не співпадають з осями координат, маємо випадок анізотропії, для якої пружні постійні визначаються за пружними постійними ортотропного матеріалу (один із шарів «виготовлено» із арматур, які утворюють з віссю обертання кут α і інший кут $\alpha + \frac{\pi}{2}$) відомими співвідношеннями. З врахуванням відношень характеристик жорсткості і раціональними кутами підкріплення арматури будемо вважати такі вузли, при яких буде реалізована конструкція або найбільшої жорсткості, або найменшої міцності. В якості

прикладів розглянемо наступні задачі, які часто (65-80%) зустрічаються при розробці конструкцій ОЕІ.

Задача 1. Замкнута кругова циліндрична оболонка одним із торців ($s_0 = 0$) закріплена повністю, а інший торцевий переріз ($s_1 = L_1$) сприймає рівномірно розподілене здвигаюче зусилля інтенсивністю S^* .

Звідки кути між арматурами конструкції відносно осі повертання оболонки

$$a) \alpha_1 = 0, \alpha_2 = \frac{\pi}{2}; \text{ б) } \alpha = \frac{\pi}{4}.$$

Задача 2. Замкнута кругова циліндрична оболонка (радіус кривизни – R , довжина – L), торці ($s_0=0, s_1=L$) закріплені повністю та несуть рівномірно розподілене, нормально прикладене поверхневе навантаження інтенсивністю q .

Звідки кути між арматурами конструкції відносно осі повертання оболонки

$$a) \alpha_1 = 0, \alpha_2 = \frac{\pi}{2}; \text{ б) } \alpha = \arcsin \sqrt{-q/2P}.$$

Задача 3. Замкнута зрізана конічна оболонка одним із торців ($s_0 = 0$) закріплена повністю, а інше торцеве ($s_1 = L$), не маючи повздовжніх переміщень, несе рівномірно розподілене здвигаюче зусилля інтенсивністю S^* .

Звідки кути між арматурами конструкції відносно осі повертання оболонки

$$a) \alpha_1 = 0, \alpha_2 = \frac{\pi}{2}; \text{ б) } \alpha = \arcsin \sqrt{N_1/L_1}.$$

Аналіз рішень 1-ї та 3-ї задач показує, що не дивлячись на відсутність нормальної і тангенціальної компонент зовнішнього поверхневого навантаження, а також наявність повної вісьової симетрії в розглянутих оболонках під дією рівномірно розподілених кривих здинутих зусиль S^* , з'являються продовжні сили T_1 , нормальні та продовжні зсуви, які в залежності від напрямку обертання змінюють свій знак. Аналіз рішення 2-ї показує, що в анізотропних(залізобетонних) симетричних оболонках під дією рівномірно розподіленої нормально прикладеного навантаження q , з'являються тангенціальні зсуви, тобто має місце явище обертання відносно вісі обертання. Характерно також те, що коли поверхневе нормально прикладене навантаження q змінює свій знак, конструкція, що розглядається нами, витримує обертання в зворотному напрямку, тобто змінюється знак тангенціального зсуву.

Вирішення тестових задач щодо дослідження ортотропних багатошарових оболонок з різноманітними граничними умовами і навантаженнями, дали результати, які співпадають з результатами попередніх досліджень, що підтверджує адекватність отриманих результатів і дозволяє використовувати запропонований підхід для визначення раціональної орієнтації арматури в залізобетонних оболонкових конструкціях в моментній теорії в першому наближенні.

Таким чином, математична модель побудована на основі теорії тонких оболонок визначає раціональні кути армування (раціональну структуру) залізобетонних оболонкових конструкцій ОЕІ, зокрема фортифікаційних споруд з урахуванням тріщин для різного типу закріплень торців.

МОДЕЛЬ ДИНАМІЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Убайдуллаєв Ю. Н., к.т.н., професор,

Столінець С. Л.,

Поливода М. О.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Вибір маршруту перевезення вантажів по військових автомобільних дорогах (ВАД) залежить від обстановки, що склалася, від стану ВАД, близькості противника та ще ряду факторів. Так в мирний час військові автомобільні перевезення (ВАП) намагаються здійснити з мінімальною собівартістю, а в бойових умовах – з максимальною ефективністю за мінімальний термін.

Перед органами забезпечення всіх рівнів стоїть завдання підвезення майна військам (силам), які розподілені територіально, часто на сотні кілометрів. Розрахунки ВАП при надзвичайних ситуаціях, наприклад, на особливий період надзвичайно громіздкі, потребують для їх проведення багато часу та сил і пов'язані з необхідністю врахування багатьох чинників.

Пропонується модель, яка дозволяє скласти дерево маршрутів ВАП та визначити раціональні маршрути забезпечення споживачів. Використовується метод побудови маршрутів перевезень, який базується на теорії графів, він виключно зручно та легко реалізується на ПЕОМ.

Побудова дерева графа включає кілька етапів: спочатку по топографічним (цифровим) картам вивчається маршрут руху від органу забезпечення до споживача, встановлюються умови подолання маршруту, його кроки, особливості перешкод на шляху. Шлях слідування є достатньо складним та включає значну кількість окремих відрізків шляху між проміжними пунктами – p . Відповідно і кількість варіантів сполучень між ними може досягати p^{p-2} , а це значно ускладнює побудову та оцінку маршрутів ВАП.

Фрагментуємо весь шлях слідування таким чином, щоб при генеруванні всього маршруту окремі відрізки шляху враховувались як окремі шляхи слідування. По закінченню етапу фрагментації отримуємо модель $Q=(V,Z)$, де $V=(v_1, v_2, v_3, \dots, v_i)$ – це множина елементів шляху перевезень, а $Z=(z_1, z_2, z_3, \dots, z_j)$ – множина відношень між елементами. Процес перевезення в подальшому розглядається як деяка послідовність елементарних кроків $k=(1, 2, \dots, i)$ на шляху слідування, на кожному з яких транспортна одиниця перетинає лише один проміжний пункт V_k . Геометричним відображенням вказаної моделі є граф сполучень $G=(V,E)$, в якому множина елементів V є вершинами, а $E=(e_1, e_2, e_3, \dots, e_m)$ – ребрами сполучень між ними. Неорієнтований граф G є модифікованим складальним кресленням маршруту пересування і характеризує лише зв'язки елементів шляху перевезень між собою. Щоб кількісно оцінити кожен вершину графа потрібно визначити ступінь n (кількість ребер, які їй інцидентні) і число k (суму ступенів усіх вершин, що суміжні з нею). Показники n і k будуть характеризувати рівень взаємодії вершин графа.

Наступним етапом графопобудови є отримання базисного графа $B=(V, R)$. Це орієнтований граф. Його вершини V відповідають проміжним пунктам на шляху перевезень та ідентифікуються з їх назвами, а ребра R направлені від вершин до проміжного (кінцевого) пункту призначення. Усі елементи займають суворо визначене положення відносно один одного. Серед них існує один або декілька так званих базових проміжних пунктів, які пов'язують декілька проміжних пунктів слідування між собою.

Базовий проміжний пункт повинен володіти достатньою кількістю зовнішніх зв'язків і, по можливості, бути пов'язаним з як найбільшим числом проміжних пунктів. Визначенню базового проміжного пункту сприяють також числа n і k . Граф базування B є частиною графа G , де $B \subset G$, його отримують із графа сполучень шляхом орієнтування тих ребер, що виражають відношення базування та вилучення решти ребер. Вилучаються ребра, які є неважливими з точки зору послідовності слідування на шляху, тобто їх вилучення або не вилучення ніяк не впливає на весь маршрут військових перевезень. Але взаємне розташування пунктів може заважати цьому. Введення графу обмежень у вигляді комбінації змінних дозволить урахувати, крім фактору, зазначеного вище, інші умови на шляху слідування.

Таким чином граф обмежень $\Theta = (V^*, R)$ – це також орієнтований граф, множина вершин якого складається з пунктів шляху ВАП або їх підмножин, а ребро $(i, j) \in R$ – тоді і тільки тоді, коли умови перевезень вимагають перетнути пункт v_i раніше чим пункт v_j , але вилучити його через деякі обмеження неможливо. Основою для генерування маршрутів шляхів пересування є граф припустимих переходів H . Його визначають як підграф графа $B \cup \Theta$ з видаленням усіх транзитних замикаючих ребер. Граф H об'єднує у собі всю інформацію, яка належить графам B і Θ , а видалення транзитних ребер тільки мінімізує її. Отримавши граф припустимих переходів, можна почати формувати множину припустимих переходів – пункт v_i можна перетнути на якомусь кроці маршруту слідування тоді і тільки тоді, коли усі ребра графа H , які входять у вершину (i) , виходять із вершин з номерами вже пройдених пунктів.

Вищеописані етапи по суті є алгоритмом побудови графу припустимих переходів що дозволяє виявити усі можливі маршрути військових перевезень. У результаті отримано орієнтоване дерево $Q = (H, R)$.

Вершини дерева шляху перевезень $P_{ki} \in H$ відповідають будь-яким припустимим станам шляху перевезення. Вони з'єднують корінь дерева, який є органом забезпечення з кінцевим споживачем одним ланцюгом гілок $S = (...R_n, R_{n+1}...)$. Ребра дерева направлені від кореня і є варіантами переходу від одного пункту перевезення в інший. Кожне ребро можна зважити. У цьому випадку воно отримує вагу – якесь число $0 < \rho < 1$. Дерево перевезення T будується послідовно від кореня. На першому кроці від вершини максимального рангу – «кореня» (органу забезпечення) Φ_0 проводяться усі ребра до суміжних вершин. Від них проводяться ребра до наступних і так далі до вершин мінімального рангу (кінцевого споживача). Вершина мінімального рангу містить головну ціль забезпечення і відповідає кінцевому стану військового перевезення.

Вибір раціональних маршрутів такий же, як і при визначенні базового пункту перевезення. На початку слід виявити пункти маршруту, від яких залежить протяжність маршруту військових перевезень. Далі, при решті рівних умов, вибирають ті маршрути, у яких серед ваги їх ребер зустрічається більше одиниць і менше мінімальних оцінок. Має значення і загальна вага маршруту (сума ваги $F = \sum_{i=1}^k \rho$ ребер-гілок дерева) – чим вона більша, тим краще.

Таким чином, отримана модель дозволяє ефективно описати маршрути військових перевезень та в залежності від конкретних умов вибрати оптимальний варіант здійснення ВАП при надзвичайних ситуаціях.

МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ЗНАЧЕНЬ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЕКОНОМІКИ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТОПОЛОГІЧНОГО ПІДХОДУ

*Убайдуллаєв Ю. Н., к.т.н., професор,
Яременко В. В.,
Кульбашевський В. А.*

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

У складі сучасних систем об'єктів економіки та інфраструктури (СОЕІ) є велика кількість високотехнологічного обладнання, електронно-обчислювальних машин та інших електроприймачів, при експлуатації яких висувуються підвищені вимоги до надійності та якості електропостачання. Відмова системи електропостачання (СЕП) означає відмову об'єкта загалом, і тому СЕП належить до однієї із систем об'єкта, які мають прямий вплив на вихідний ефект. Ці обставини вимагають надійності електропостачання одними з основних вимог, що пред'являються до СЕП об'єкта.

Відповідно до нормативного документа [Правила улаштування електроустановок] вимоги до надійності систем, що становлять об'єкт, повинні бути задані показником надійності, який враховує основні ознаки (режим функціонування, вид призначення тощо) та рівень надійності об'єкта, що розглядається в цілому. Як відомо, показником надійності розуміється кількісна характеристика властивостей (безвідмовність, довговічність, збереження, готовність, ремонтпридатність або відновлюваність), що становлять надійність.

Внаслідок недосконалості науково-методичного апарату завдання вимог до надійності СЕП виникає необхідність проведення наукових досліджень, спрямованих на розробку методики обґрунтування вимог до значень показників надійності СЕП у складі СОЕІ.

В умовах, коли заданий рівень надійності СОЕІ в цілому, для завдання вимог до надійності СЕП необхідно раціонально розподілити вимоги до надійності об'єкта між його системами, причому так, щоб загальна надійність об'єкта була не менш заданою. Вирішуючи завдання розподілу ресурсів при забезпеченні надійності функціонування окремих систем з метою досягнення заданої надійності об'єкта, необхідно знати значущість кожної її системи, тобто знати, який ступінь впливу на функціонування об'єкта відмова тієї чи іншої системи.

В даний час в експлуатацію приймаються об'єкти, оснащені сучасним високотехнологічним обладнанням та системами нового покоління. У цій ситуації для розподілу вимог до надійності об'єкта між його системами використовувати, наприклад дані про надійність об'єктів-аналогів, неможливо, зважаючи на їх відсутність або невеликий термін експлуатації.

У запропонованій роботі функціонально-топологічний метод адаптується до завдання, пов'язаного з оцінкою значимості систем СОЕІ. Тобто на початковому етапі проводиться детальний аналіз процесу функціонування об'єкта. З безлічі систем Y , що беруть участь у процесі функціонування об'єкта, виділяються підмножина систем X , які впливають на вихідний ефект: $X \subset Y$, де $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Надалі розглядаються лише елементи множини X , т. е. системи, які мають прямий вплив на вихідний ефект.

За результатами детального аналізу процесу функціонування об'єкта будуються функціональна схема і орієнтований граф функціональної схеми об'єкта, що розглядається охоплюючи з вершини графа і γ_{ij} – коефіцієнт впливу i -ї системи на

працездатність j -ї системи (ребра орієнтованого графа). За підсумками побудованого графа складається матриця функціональних зв'язків A . Рядки та стовпці матриці A нумеруються відповідно до номерів вершин графа. Оцінюючи значимості систем об'єкта за функціональними властивостями дома ij -го елемента матриці ставиться коефіцієнт впливу, який показує ступінь впливу цієї системи функціонування систем об'єкта, із якими пов'язана.

Для адаптації даного методу до завдання, пов'язаного з оцінкою значущості систем СОЕІ, в роботі пропонується як коефіцієнт впливу використовувати або можливість відмови системи $Q_i(t)$, або коефіцієнт неготовності системи K_{ngi} , значення яких можуть бути визначені на різних стадіях життєвого циклу об'єкта. У цьому випадку, якщо система має високий ступінь надійності, то значення $Q_i(t)$ або K_{ngi} будуть прагнути до нуля. Отже, вплив аналізованої системи інші системи, пов'язані з нею, буде дуже мало. Якщо система має низький рівень надійності, то значення $Q_i(t)$ або K_{ngi} прагне до одиниці і ступінь впливу зростатиме.

Запропонований підхід щодо заміни коефіцієнта впливу на показник надійності дозволить застосовувати функціонально-топологічний метод до вирішення завдання щодо оцінки значимості систем СОЕІ як в умовах обмежених вихідних даних, так і за наявності достовірної статистики відмов систем СОЕІ, зібраної за реальних режимів та умов експлуатації об'єкта.

Наступний етап застосування функціонально-топологічного методу полягає у визначенні кількісної характеристики значимості кожної із систем СОЕІ – ранг системи R_i , який можна визначити, використовуючи характеристичне рівняння матриці функціональних зв'язків.

Після визначення величини рангу кожної системи об'єкта, зокрема і СЕС, проводиться розподіл нормативного значення показника надійності об'єкта по i -м системам, з урахуванням їхньої значущості (величини рангу).

Далі пропонується використовувати математичну модель визначення необхідних значень показника надійності СЕП, застосування якої дозволить розподілити вимоги до надійності об'єкта за її системами, задані не лише одиничними, а й комплексними показниками надійності. У загальному вигляді математична модель визначення необхідних значень показника надійності СЕП, незалежно від номенклатури нормативного показника надійності, що розподіляється, є функцією, яка залежить від нормативного значення показника надійності СОЕІ PH_{soei} , величини рангу СЕС у складі СОЕІ R_{ces} , а також від функціоналу надійності СОЕІ $f(R)$: $F(PH_{soei}, R_{ces}, f(R))$.

Представлені приватні математичні моделі визначення необхідних значень показника надійності СЕП та адаптований до вирішення задачі щодо оцінки значущості систем СОЕІ функціонально-топологічний метод використано у методиці обґрунтування вимог до значень показника надійності СЕП. Блок-схема алгоритму методики обґрунтування вимог до значень показників надійності СЕП СОЕІ складається з кількох етапів.

Таким чином, запропонована методика обґрунтування вимог до значень показників надійності СЕП відрізняється від існуючих тим, що в ній, поряд з урахуванням нормативних вимог до надійності спеціального об'єкта в цілому та рівня надійності складових його систем, також враховується ступінь значущості СЕП у процесі функціонування спеціального об'єкта.

УДК 614.835

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДИМОСТІ ПРИ ПОЖЕЖІ У ВИРОБНИЧОМУ ПРИМІЩЕННІ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

*Ференц Н. О., к.т.н., доцент,
Степаняк Ю. Б.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Основним обладнанням паперових фабрик є папероробна машина – складний промисловий агрегат, який перетворює підготовлену волокнисту масу (целюлозу та макулатуру) на готове паперове полотно шляхом його відливу, пресування та сушіння.

Мета роботи полягала у дослідженні видимості при пожежі у виробничому приміщенні папероробної машини паперової фабрики.

У роботі використовували методика розрахунку часу евакуації згідно з ДСТУ 8828-2019 [1] та математичну інтегральну модель газообміну в будівлі під час пожежі, яку зrealізовано наближеними числовими методами у комп'ютерній програмі FDS (Fire Dynamics Simulator) [2].

Для вказаного виробничого приміщення застосовували польову модель пожежі. Початкові параметри середовища: температура – 20 °С, відносна вологість – 50 %, тиск атмосферний – 101325 Па, вміст кисню в повітрі – 0,245 кг/кг.

У роботі проведено вибір сценарію пожежі, за якого очікуються найгірші наслідки для людей, які знаходяться в приміщенні. Вибір місцезнаходження осередку пожежі здійснювався залежно від кількості горючого навантаження, його властивостей та розташування, ймовірності виникнення пожежі, можливої динаміки її розвитку, розташування евакуаційних шляхів і виходів. І таким місцем первинного осередку пожежі вважали центр приміщення папероробної машини.

Горюче навантаження в приміщенні папероробної машини представлено в основному папером, целюлозою, а також композитами і пластиками, з яких виготовлені конструктивні елементи папероробної машини. Зокрема, сітки виготовлені з синтетичних монопіток (поліестер, нейлон), для облицювання валів використано гуму різної твердості та поліуретан.

У роботі було розглянуто кругове поширення пожежі по твердому горючому навантаженню. Швидкість вигорання пожежного навантаження для такого випадку розвитку пожежі визначали за формулою:

$$\psi_{\text{пит}} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2, \quad (1)$$

де $\psi_{\text{пит}}$ – питома швидкість вигорання, кг/(с·м²); v – швидкість поширення полум'я, м/с; b – ширина смуги горючого навантаження, м; $t_{\text{ст}}$ – час стабілізації горіння, с; F – площа осередку пожежі, м².

У роботі [3] встановлено, що найнебезпечнішим фактором пожежі на паперопереробному заводі, де питоме пожежне навантаження перевищує 500 МДж/м², є втрата видимості. Згідно з [1], гранично допустиме значення такого небезпечного чинника пожежі як втрата видимості становить 20 м.

Тому у роботі досліджували зміну видимості при пожежі в приміщенні папероробної машини з часом. На рис. 1 показано видимість при пожежі у приміщенні папероробної машини на 190 с.

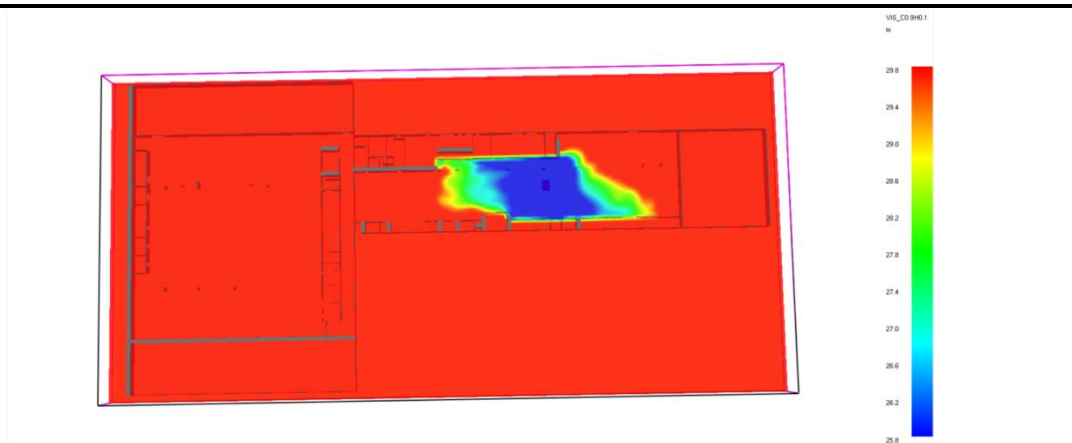


Рисунок 1 – Видимість при пожежі у приміщенні папероробної машини на 190 с

Як показано блокування евакуаційних виходів із приміщення папероробної машини не відбувається. На рисунку 2 показано видимість на 409 с, де видимість становить менше 20 м – відбувається блокування евакуаційних виходів.

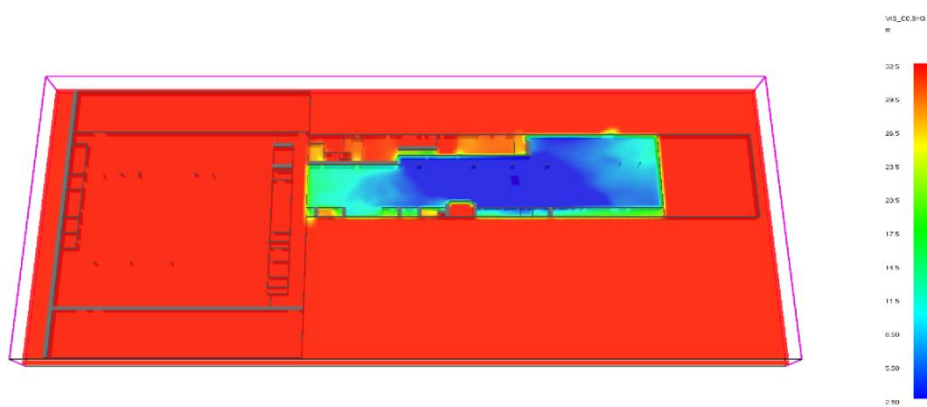


Рисунок 2 – Видимість при пожежі у приміщенні папероробної машини на 409 с

У роботі проведено моделювання динаміки розвитку пожежі у виробничому приміщенні папероробної машини. Встановлено, що найбільш небезпечним чинником пожежі є втрата видимості, яка наступає через 409 с. Отже, система димовидалення є критично важливою для даного виробничого приміщення.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний з 01.01.2020]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.
2. Програма FDS (Fire Dynamics Simulator) [Електронний ресурс]. URL: http://fds.sitis.ru/docs/FDS_5_User_Guide.pdf
3. Ференц Н., Вовк С., Керод І., Артеменко Б. Дослідження можливості евакуації з виробничого цеху паперової фабрики. Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Архітектура та будівництво». 2024. № 23. С. 76–83.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ТОКСИЧНИХ ГАЗОПОДІБНИХ РЕЧОВИН

*Фещук Ю. Л., к.т.н., ст. дослідник,
Хроменков Д. Г.*

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Визначення токсичності продуктів згоряння є обов'язковою вимогою державних будівельних норм [1]. Від якісного визначення показника токсичності залежить правильне визначення групи токсичності, що відповідно впливає на підбір матеріалів при проектуванні будинків та споруд. А від цього відповідно залежить безпека життя та здоров'я людей під час виникнення пожежі і відповідно можливість їх безпечної евакуації.

Згідно з [2] під час пожежі утворюються наступні токсичні речовини: монооксид вуглецю (CO), діоксид вуглецю (CO₂), ціанід водню (HCN), хлористий водень (HCl), бромистий водень (HBr), фтористий водень (HF), оксиди азоту (NO_x), акролеїн (C₃H₄O), формальдегід (CH₂O), ацетальдегід (C₂H₄O), загальні альдегіди, діоксид сірки (SO₂), сірковуглець (CS₂), сірководень (H₂S), аміак (NH₃), сполуки сурми, сполуки миш'яку, фосфор (P), фосфати, фенол (C₆H₆O), бензол або бензен (C₆H₆), толуол (C₇H₈), стирол (C₈H₈), акрилонітрил (C₃H₃N) та інші нітрили, мурашина кислота (CH₂O₂), загальні вуглеводні, ізоціанати та оксигеновмісні органічні сполуки. У зв'язку з цим виникає питання яким чином визначати вищезазначені гази.

Основні методи хімічного аналізу токсичних газоподібних речовин визначено в нормативних документах [2, 3]. Виходячи з цього, слід виділити основні методи визначення масової концентрації газів, що визначаються за допомогою:

- іоноселективного електроду;
- іонної хроматографії;
- колориметрії.

Основними пристроями, що використовуються для реалізації вищезазначених методів можуть бути газоаналізатор, хроматограф або фотоелектроколориметр відповідно. Кожний з них має свої переваги та недоліки.

Мета роботи – визначити найбільш оптимальний метод визначення масової концентрації газів, враховуючи стан матеріально-технічної бази ІНДЦЗ НУЦЗ України.

Метод визначення масової концентрації газів за допомогою колориметрії реалізується із використанням фотоелектроколориметра. Він реалізується як згідно [2] так і згідно [3]. За цим методом визначається діапазон вимірювання концентрацій та довжина хвилі фотоелектроколориметра, окрім якого необхідно ще застосовувати визначений перелік допоміжних пристроїв, матеріалів і реактивів. Згідно [2] доцільно визначати такі гази: HCN, CH₂O, NO_x, C₃H₄O, NH₃, а згідно з [3] такі: HCN, HCl, NO_x, C₃H₄O, NH₃.

Метод визначення масової концентрації газів за допомогою іонної хроматографії реалізується із використанням хроматографа. Він реалізується згідно [2]. За цим методом визначається діапазон вимірювання концентрацій, довжина хвилі – не застосовується. Особливістю використання цього методу є застосування стандартів газів, що мають високу собівартість на ринку, окрім визначених хімічних реактивів, матеріалів та пристроїв в [2].

Метод визначення масової концентрації газів за допомогою іоноселективного електроду в переважній більшості випадків реалізується із використанням газоаналізатора. Він реалізується згідно [2]. За цим методом визначається діапазон вимірювання концентрацій, довжина хвилі – не застосовується. Особливістю використання цього

методу є застосування спеціального електроду за допомогою якого вимірюється масова концентрація визначених газів. Даний метод чи не найсучасніший і не потребує застосування хімічних реактивів, допоміжних пристроїв та обладнання. Одним з яскравих прикладів для реалізації зазначеного методу може бути газоаналізатор SKY 8000 (рис. 1), що дозволяє визначати фактично весь діапазон газів згідно з [2].



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд газоаналізатора SKY 8000

Особливістю роботи даного газоаналізатора є те, що він здійснює вимірювання масової концентрації газів в динаміці і відразу будує графік, що є надзвичайно корисним для проведення наукових досліджень.

Отже, серед методів хімічного аналізу токсичних газоподібних речовин найбільш сучасним є метод за допомогою використання іоноселективного електроду, що реалізується газоаналізатором з визначеними параметрами. Одним з таких є SKY 8000. За допомогою цього пристрою можна здійснити вимірювання масової концентрації газів у тому числі в димовій камері установки для визначення коефіцієнта димоутворювання, що у свою чергу створить передумови для визначення прогнозованого показника токсичності будівельної продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
2. ДСТУ ISO 19701:2018 (ISO 19701:2013, IDT) Методи відбирання проб та аналізування летких продуктів згоряння.
3. МВ 8.8.2.4-127-2006 Методичні вказівки «Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів».

МЕХАНІЗМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Чистяков С. С.

Миколаївський національний аграрний університет

Внаслідок повномасштабної збройної агресії та систематичних повітряних ударів росії по енергетичній інфраструктурі у багатьох регіонах України зберігається практика планових та аварійних відключень електричної енергії. Такі порушення електропостачання негативно впливають на функціонування телекомунікаційних систем, внаслідок чого місцеві громади можуть зазнавати перебоїв мобільного зв'язку та обмежень у доступі до Інтернету.

Забезпечення стійкості телекомунікаційної інфраструктури має визначальне значення для безпеки населення, ефективності діяльності органів місцевого самоврядування, надання соціальних послуг, стабільної роботи бізнесу та функціонування цифрових сервісів [1, с. 129]. У цьому контексті визначено пріоритетні напрями, спрямовані на мінімізацію ризиків і підтримання стабільності зв'язку навіть за умов тривалих перерв в електропостачанні.

Одним із центральних технічних рішень є впровадження сучасних енергоефективних технологій доступу. Власники та балансоутримувачі багатоквартирних будинків мають забезпечити можливість операторам здійснювати модернізацію мереж, оскільки використання сучасних енергоефективних технологій характеризується значно нижчим енергоспоживанням, підвищеною стійкістю до відключень та відсутністю потреби в активному обладнанні всередині будівель, що зменшує ймовірність технічних відмов. Додатковим перевагою цієї технології є підвищена здатність підтримувати стабільний Інтернет-доступ під час пікових навантажень або перебоїв живлення [2, с. 137].

Іншим визначальним напрямком є забезпечення безперебійного функціонування мобільного зв'язку в умовах блекаутів [3, с. 79]. У тих громадах, де базові станції оснащені генераторами, органи місцевого самоврядування та мешканці мають взаємодіяти з мобільними операторами та іншими провайдером комунікаційних послуг для підтримання їхньої працездатності. Своєчасне технічне обслуговування, регулярна дозаправка та забезпечення безперешкодного доступу технічних фахівців до обладнання є визначальними факторами стабільності зв'язку під час тривалих відключень електроенергії.

У деяких регіонах, зокрема Запорізької, Миколаївської, Херсонської областях, сформовані мобільні групи, які здійснюють виїзне підживлення та обслуговування мереж у разі масштабних порушень електропостачання. Паралельно удосконалюється система оперативного реагування, в тому числі спрощуються процедури доступу спеціалістів до об'єктів інфраструктури в умовах воєнного стану, визначаються локації для підключення генераторів та налагоджується швидка координація між операторами та місцевою владою.

Важливою складовою також є прозора та постійна комунікація між громадами та операторами мобільного та фіксованого зв'язку [4, с. 142]. У межах кожної громади мають бути визначені відповідальні особи, які оперативно інформують про аварійні ситуації, планові або екстрені відключення та координують доступ до обладнання, що дає змогу скоротити час реагування та запобігти тривалим збоям у роботі мереж. Мобільні оператори та інші транслятори комунікаційних послуг, зі свого боку, повинні забезпечувати громади генераторним обладнанням, створювати технічні можливості для його підключення, підтримувати необхідні запаси паливно-мастильних матеріалів та визначати базові станції, що потребують пріоритетного живлення для збереження стабільності зв'язку.

Механізми стабілізації мобільного та фіксованого зв'язку в умовах енергетичної нестабільності є ключовим елементом забезпечення безперервності комунікаційних процесів у сучасному суспільстві [5, с. 793]. Аналіз практичних рішень та організаційних підходів демонструє, що стійкість телекомунікаційних мереж значною мірою залежить від рівня технічної модернізації інфраструктури, належної координації між операторами, органами місцевого самоврядування та населенням, а також ефективності системи оперативного реагування на аварійні ситуації.

Запровадження енергоефективних технологій, наявність резервних джерел живлення та удосконалення процедур доступу технічних фахівців до інфраструктурних об'єктів сприяють зменшенню масштабів порушень зв'язку та забезпечують необхідний рівень комунікаційної безпеки.

Таким чином, комплексний підхід, що поєднує інженерні, організаційні та управлінські заходи, є визначальним для підтримання стабільного функціонування мобільних та фіксованих мереж у періоди енергетичної нестабільності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курепін В. М., Іваненко В. С. Взаємодія місцевих органів влади та засобів масової інформації як фактор реалізації інформаційної політики при надзвичайних ситуаціях. *Modern Economics*. 2025. № 49(2025). С. 124–132. DOI: 10.31521/modecon.V49(2025)-17

2. Іваненко В. С. Енергетична безпека України: головні проблеми енергетичного сектору, шляхи вирішення. Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти : матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. заоч. конф. / за заг. ред. Х. С. Мітюшкіної. Київ: МДУ, 2025. С. 136–139. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/22022>

3. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв : МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>.

4. Іваненко В. С. Інновації у сфері безпеки: захист різних сфер діяльності місцевих громад : матеріали IV міжнародної наук.-практ. конф. «Розвиток територіальних громад: правові, економічні та соціальні аспекти». Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 141–144. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20102>

5. Бацуровська І. В., Кашина Г. С., Курепін В. М., Любарець В. В. Професійна мобільність та безпека: як ефективно використовувати соціальні мережі для кар'єрного розвитку. *Вісник науки та освіти* (Серія «Філологія», Серія «Педагогіка», Серія «Соціологія», Серія «Культура і мистецтво», Серія «Історія та археологія»). 2025. № 2(32). С. 787–799. DOI: 10.52058/2786-6165-2025-2(32)-787-799.

ГНУЧКІСТЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ У ПЕРІОД ВІЙНИ

*Шаповалов О. В., к.т.н.,
Пристацька Ю. О.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Навмисне руйнування електрогенеруючих та енергорозподільчих та енергопередавальних систем росією внесло значні проблеми у можливості використання систем протипожежного захисту та виконання ним покладених на них функцій. Сильні морози, які в цьому році накрыли усі регіони України також негативно вплинули на функціонування енергетичного обладнання.

Необхідність забезпечення резервним електроживленням автоматичні системи протипожежного захисту передбачено нормативними документами і є обов'язковими до виконання. На надійність роботи провідних електричних мереж вплинули повномасштабне вторгнення росії і природні сили.

Постійний розвиток відновлювальної енергетики призвело до нових розробок акумуляторних батарей з покращеними характеристиками, які дозволяють забезпечити необхідний запас енергії при цьому зробити батареї екологічнішими та менш шкідливими для навколишнього середовища.

Прикладом таких розробок є акумулятор, що володіє більш високою щільністю енергії в порівнянні з традиційними літій-іонними, розробники Tesla у співпраці CATL, батарея, яка показала у лабораторних питому щільність енергії понад 2000 Втч/кг. Австралійська компанія Brighsun New Energy створили літій-сірчані акумулятори (Li-S), яка зберігає 91 % початкової ємності після 1700 циклів перезарядки. Це означає, що зниження продуктивності за цикл становить всього 0,01 %.

Фахівці з Університету Південної Каліфорнії виготовили батарею на основі сульфату заліза і антрахонін-дісульфінової кислоти, яка здатна заряджатися і розряджатися сотні разів практично без втрати енергії і може пропрацювати 25 років.

Для забезпечення розрахункового часу живлення систем протипожежного захисту, це особливо стосується систем у яких є потужні електроспоживачі (системи водяного пожежогасіння) більш доцільно використовувати генеруючі установки з двигунами внутрішнього згорання. Недоліком таких установок є час на їх включення та виходу на номінальні режими роботи. Цей час може тривати в окремих випадках до 10 хв.

На відміну від генеруючих установок з двигунами внутрішнього згорання акумуляторні батареї завжди готові до використання, але потребують додаткового обладнання (інвертори напруги). Враховуючи те, що запас електричної електроенергії акумуляторних батарей є обмеженим, а акумуляторні батареї з кращими характеристиками є доволі вартісними і їх придбання вимагає великих коштів використання декількох джерел електричної енергії для забезпечення електроживлення систем протипожежного захисту дасть можливість зменшити час на включення вказаної системи в роботу та забезпечити їй необхідний час роботи.

Пропонована схема показана на рис. 1.

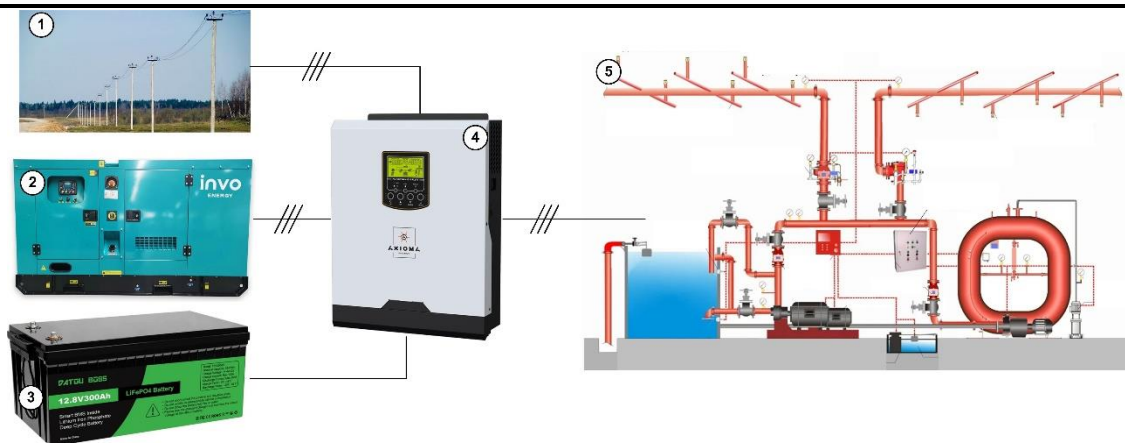


Рисунок 1 – Схема живлення систем протипожежного захисту: 1– електрична мережа, 2 – генеруюча установка з двигуном внутрішнього згорання, 3 – акумуляторна батарея, 4 – гібридний інвертор напруги, 5 – система протипожежного захисту (водяна система пожежогасіння)

Схема передбачає комутацію трьох джерел електричної енергії вибір якої здійснюється гібридним інвертором напруги. У випадку відсутності електричної енергії у електричній мережі, в режимі очікування живлення, а також на початковій стадії включення системи в роботу при виявленні пожежі, електрична енергія надходить від акумуляторних батарей, перетворюється інвертором напруги та живить електричний споживач до того часу поки генеруюча установка з двигуном внутрішнього згорання ввімкнеться та перейде у робочий режим. Після переходу генеруючої установки у робочий режим і створення номінальних параметрів електричного живлення, інвертор напруги змінює джерело електричної енергії з акумуляторних батарей на генеруючу установку. Якщо у електричній мережі відновлюється електрична енергія, інвертор напруги обирає її у якості джерела електричної енергії (пріоритетне джерело). Акумуляторна батарея переходить у режим заряджання.

Запропоновані рішення дають змогу забезпечити безперебійне функціонування систем протипожежного захисту тим самим забезпечити захист, як об'єктів критичної інфраструктури, так і будь-яких інших об'єктів, які вимагають цього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Боднар Г. Й., Шаповалов О. В. Выбор вида и обоснование параметров источника питания системы противопожарной защиты объектов туристической отрасли. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*. Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpozarowej. 33. 1. 2014.
2. Brighsun. URL: <https://ecotechnica.com.ua/technology/4845-na-litij-sernom-akkumulatorye-brighsun-elektromobil-proedet-2000-km.html>
3. Новый дешевый проточный аккумулятор прослужит 25 років. URL: <https://ecotechnica.com.ua/technology/4818-novyj-deshevyj-protochnyj-akkumulyator-prosluzhit-25-let.html>
4. Графеновый аккумулятор. URL: <https://naukatehnika.com/grafenovyj-akkumulyator-perevorot-v-mire-technologij.html>.
5. У Китаї створили батарею з рекордною щільністю енергії. URL: <https://itechua.com/news/296208https://interestingengineering.com/transportation/safer-high-energy-nickel-batteries>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Шенкевич В. Л.¹,
Рашкевич Н. В.¹, PhD,
Сотіриадіс К.², д.т.н.*

¹*Національний університет цивільного захисту України,*

²*Інститут теоретичної та прикладної механіки Чеської академії наук (м. Прага, Чехія)*

Вогнезахисні заходи дозволяють підтримувати несучу здатність конструкцій під дією високих температур протягом тривалого часу, знижують ймовірність часткових або повних руйнувань та створюють передумови для безпечної евакуації людей. Сучасна практика застосовує рішення, що включають вогнезахисні покриття, спеціальні матеріали, конструктивні модифікації та системи активного захисту.

У роботі [1] розглянуто вплив вогнезахисних покриттів на міцність залізобетонних конструкцій. Автори підкреслюють, що застосування спеціалізованих покриттів дозволяє підвищити час витримки навантаження при пожежі та визначають критичні параметри товщини й хімічного складу матеріалу для забезпечення ефективного захисту. У роботі [2] досліджено вогнестійкість сталевих конструкцій, де показано, що товщина та тип покриття впливають на температуру, при якій настає втрата несучої здатності.

Моделювання вогнезахисних рішень для світлопрозорих фасадних конструкцій, виконане дослідниками [3], демонструє ефективність інтеграції активних систем охолодження, таких як зрошувачі. Це дозволяє зменшити товщину вогнезахисного покриття та одночасно зберегти естетичні властивості фасадів, підвищуючи експлуатаційну безпеку. При цьому автори [4] вказують на потенційну пожежну небезпеку теплоізоляційних матеріалів, навіть тих, що мають вогнезахисні властивості, якщо захисний шар нанесений нерівномірно або недостатньо якісно.

Дослідження [5] щодо дерев'яних конструкцій демонструють, що застосування інноваційних просочень та спеціальних покриттів підвищує термічну стабільність деревини та уповільнює процес горіння, що робить дерев'яні елементи більш стійкими. Водночас дослідники [6] сформулювали критерії вибору способу вогнезахисту, які враховують матеріал конструкцій, тип пожежного навантаження та економічні фактори, що дозволяє інтегрувати заходи захисту вже на стадії проєктування та підвищити загальний рівень безпеки об'єкта.

Ефективність вогнезахисних заходів визначається здатністю будівельних конструкцій зберігати несучу здатність під дією високих температур протягом заданого часу. Для оцінки цього параметра використовують як експериментальні методи, так і математичні моделі, що дозволяють прогнозувати поведінку конструкцій у разі пожежі. Несучу здатність елементів можна описати узагальненою залежністю:

$$R_t = R_0 \cdot f(T, t, k), \quad (1)$$

де R_0 – розрахунковий опір матеріалу при нормальних умовах, T – температура впливу вогню, t – час експозиції, k – комплексний коефіцієнт, який враховує тип конструкції та особливості вогнезахисного покриття. Для залізобетонних конструкцій цей коефіцієнт включає товщину та хімічний склад покриття, для сталевих – вид та товщину захисного шару, а для світлопрозорих фасадів – ефективність інтегрованих систем охолодження [1–3].

Ризик втрати несучої здатності елементів під час пожежі можна визначити за класичною формулою ризик-орієнтованого підходу:

$$R_s = P_f \cdot C_f, \quad (4)$$

де P_f – імовірність відмови конструкції, C_f – тяжкість наслідків, що включає матеріальні, соціальні та техногенні втрати. Ймовірність відмови визначається через функцію граничного стану:

$$g(T, t, k) = R_t - S, \quad (5)$$

де S – розрахункове навантаження конструкції. Умовою безпечної експлуатації є виконання нерівності $g(T, t, k) > 0$ з ймовірністю, що відповідає заданому рівню надійності.

Ефективний вогнезахист досягається через поєднання комплексних матеріалів, конструктивних рішень і активних систем охолодження з урахуванням специфіки конструкцій та умов експлуатації. Використання математичних моделей та ризик-орієнтованого підходу дозволяє прогнозувати поведінку конструкцій під час пожежі, оцінювати ймовірність втрати несучої здатності та тяжкість наслідків, що є необхідною передумовою для розробки превентивних заходів щодо підвищення пожежної безпеки будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош Ю. А., Ковальов А. І., Пурденко Р. Р., Рашкевич Н. В., Майборода Р. І. Вогнестійкості вогнезахисних залізобетонних конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. № 2(36). С. 102–122.
2. Ковальов А. І., Отрош Ю. А., Рашкевич Н. В., Рудаков С. В., Томенко В. І., Юрченко С. П. Вогнестійкість вогнезахисних сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 1(37). С. 282–292.
3. Майборода Р. І., Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Балдук П. Г. Моделювання вогнезахисту світлопрозорих фасадних конструкцій з влаштуванням зрошувачів. Механіка та математичні методи. Одеса : ОДАБА, 2024. Том VI. № 2. С. 160–174. URL: 10.31650/2618-0650-2024-6-2-160-174
4. Степанко А. С., Отрош Ю. А., Кукузенко А. М., Рашкевич О. С., Рашкевич Н. В., Augusto Gerolin Пожежна небезпека теплоізоляційних вогнезахисних матеріалів : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2022» («Fire Safety Issues 2022»). Харків : НУЦЗУ, 12.10.2022 р. С. 130–132.
5. Плотников І. В., Рашкевич Н. В. Інноваційні заходи вогнезахисту дерев'яних конструкцій : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків : НУЦЗ України, 2024 р. С. 83–84.
6. Полупан В. А., Майборода Р. І., Отрош Ю. А., Рашкевич Н. В. Критерії вибору способу вогнезахисту будівельних конструкцій : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення». Львів, 12–13 жовтня 2022 р. С. 77–79.

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ У REVIT, ЯК ОСНОВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ПРОЄКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Юхновець О. М.,

Балдук П. Г., к.т.н., доцент

Державна академія будівництва та архітектури

Будівельне інформаційне моделювання являє собою цифрову технологію для описування й представлення інформації, застосовної до планування, проектування, зведення та експлуатації об'єктів будівництва. Сукупно все це називають будівельними процесами. Такий підхід до управління інформацією об'єднує різні набори даних, використовувані протягом життєвого циклу об'єкта будівництва, в об'єднане інформаційне середовище, зменшуючи потребу в багатьох типах традиційно використовуваної документації на паперових носіях. Цей підхід зазвичай називають будівельним інформаційним моделюванням (building information modelling); причому ту саму аббревіатуру BIM використовують також для позначення результату процесу – інформаційної моделі як такої, або інформаційної моделі будівлі (building information model) [1].

У межах такого підходу особливої ваги набуває питання характеристик будівельних матеріалів, адже саме вони визначають фізичну якість і експлуатаційні властивості реального об'єкта. Якість будівельних матеріалів є ключовим чинником надійності, довговічності та безпеки об'єктів будівництва. Особливе значення має контроль відповідності матеріалів проєктним і нормативним вимогам [2].

Завдяки розширеним можливостям параметричного моделювання в середовищі Autodesk Revit забезпечується можливість точного налаштування та модифікації фізико-механічних властивостей матеріалів у цифровій моделі.

Ми можемо корегувати такі показники, як:

Thermal Conductivity – теплопровідність; Specific Heat – питома теплоємність; Density – щільність (kg/m^3); Emissivity – емісивність; Permeability – паро проникність; Porosity – пористість; Reflectivity – відбивна здатність; Electrical Resistivity – електричний опір.

Теплопровідність ($\text{W/m}\cdot\text{K}$) – це фізична величина, що характеризує здатність матеріалу проводити тепло. Вимірюється у $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Чим нижче значення тим кращі теплоізоляційні властивості має матеріал, тобто менше втрачається тепла [3].

Питання енергоефективності – одне з головних питань при проєктуванні будівель. Розрахунок тепловтрат будівель є ключовим етапом у проєктуванні енергоефективних споруд. Точність цих розрахунків впливає на вибір теплоізоляційних матеріалів, систем опалення та кондиціонування, що у свою чергу визначає енергоспоживання будівлі протягом усього життєвого циклу. Традиційні методи теплотехнічних розрахунків часто є трудомісткими та схильними до людських помилок. Сучасні інформаційні технології дозволяють автоматизувати ці процеси, підвищуючи їхню ефективність та точність [4].

Таким чином ми можемо використовуючи BIM, враховувати енергетичні характеристики будівлі на початкових етапах проєктування та знаходити можливості для зниження споживання енергії, виявляти місця найбільших тепловтрат.

Урахування цих параметрів формує основу для подальшої роботи з енергоефективністю, адже після налаштування матеріалів виникає потреба оцінити, як обрана комбінація впливає на поведінку будівлі під час експлуатації. Саме на цьому етапі до процесу залучаються інструменти теплотехнічного та енергетичного аналізу.

Для досягнення енергоефективності будівлі в Revit можна вибирати матеріали та змінювати їх теплотехнічні характеристики або вибирати матеріали, які мають високу

енергоефективність та довговічність, розробляти нові вузли з'єднання матеріалів та розраховувати їх тепловтрати. Програма має вбудовані інструменти для аналізу, серед них Energy Analysis та додаток My Insight у програмному забезпеченні Revit. Цей інструмент дозволяє проводити розрахунки енергоспоживання будівлі та її енергоефективності. За його допомогою можна виконувати аналіз енергоспоживання будівлі в різні сезони та за різних умов експлуатації. Він дозволяє виявляти проблемні зони та розробляти стратегії для їх вирішення [5].

Моделювання параметричних залежностей у Revit дає можливість не лише повноцінну інформаційну модель будівлі, а і можливість інтеграції в Autodesk Insight для сформування звіту про її енергоефективність, а також коригувати проєктні рішення відповідно до отриманих аналітичних даних.

Використання BIM-технологій у середовищі Autodesk Revit забезпечує можливість точного параметричного налаштування фізико-механічних та теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів. Це дозволяє моделювати теплову поведінку конструкцій на ранніх етапах проєктування та своєчасно визначати потенційні зони тепловтрат. Інтеграція моделі з інструментами енергетичного аналізу, зокрема Autodesk Insight, сприяє отриманню аналітичних даних щодо енергоефективності будівлі та коригуванню проєктних рішень. Таким чином, параметричне моделювання в BIM підвищує точність інформаційної моделі та підтримує створення енергоефективних проєктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN ISO 29481-1:2022 Інформаційні моделі будівель. Настанова з доставляння інформації. Частина 1. Методологія та формат (EN ISO 29481-1:2017, IDT; ISO 29481-1:2016, IDT).
2. Бородін М., Ткач Т., Фільченко К. Цифрові технології автоматизованої верифікації якості поставок будівельних матеріалів на основі інтеграції IoT, BIM та AI. Шляхи підвищення ефективності будівництва. 2025. Вип. 55(3). С. 56–65. DOI: 10.32347/2707-501x.2025.55(3).56–65.
3. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 145 с.
4. Панкевич О. Д., Лісовий Б. О., Затхій А. В. Автоматизація розрахунків тепловтрат будівель за допомогою програмного комплексу Revit. Вінницький національний технічний університет. Вінниця. 7 с. URL: <https://surl.li/rzdgvm>
5. Титюк А. А., Ярова Т. П., Серєда С. Ю., Вершкова Ю. С., Сопільняк Ф. М., Моспан Є. В. Використання BIM-моделювання для розрахунку тепловтрат та загальної енергоефективності на етапі проєктування. Український журнал будівництва та архітектури. 2023. № 6 (018). URL: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.118.1014.

FIRE HAZARD RESEARCH OF ELECTRICAL CONNECTIONS

Kyrychenko I. A.

*Kalchenko Ya. Yu., PhD, Associate Professor
National University of Civil Protection of Ukraine*

Emergency and unstable operating modes of Ukraine's energy system significantly increase the risk of fires in certain areas of electrical networks. In emergency operating modes of electrical networks, the most vulnerable areas are conductor connections. It is in these areas that transient supports can form, which are characterized by intense heat generation. When the electrical network is overloaded, the current can exceed the nominal value by 1.5–2 times, and in some cases even more, which leads to a significant increase in heat generation. An increase in current at connection points causes them to heat up further, which can exceed permissible values and cause a fire.

To determine the temperature of electrical connections during emergency operation of electrical networks, experimental studies were conducted, which consisted of passing electrical currents of various magnitudes through an EMT electronics 22-4201y type electrical connection. Overload was selected as the emergency operating mode. The tests were conducted for four electrical current values – 21, 28.5, 38, 47.5 A, which correspond to 1.1, 1.5, 2.0, 2.5 times the nominal electrical current of the conductor.

The test results for the EMT electronics 22-4201y terminal are presented in Table 1. As can be seen from the test results, the EMT electronics 22-4201y terminal heated up to 186 °C when a current of 47.5 A passed through it for 480 s. At the same time, smoke appeared at 180 seconds, and deformation of the terminal began at 300 seconds. When an electric current of 38 A passed through it for 300 seconds, it heated up to 126 °C, as shown in Fig. 1.

Table 1 – Test results for the EMT electronics 22-4201 terminal block

I, A	21	28.5	38	47.5
t, s				
0	25	25	25	25
60	66	70	86	94
120	76	97	106	134
180	79	102	116	163
240	81	105	122	170
300	85	106	126	179
360	86	107	130	180
420	86	107	131	182
480	86	107	132	186

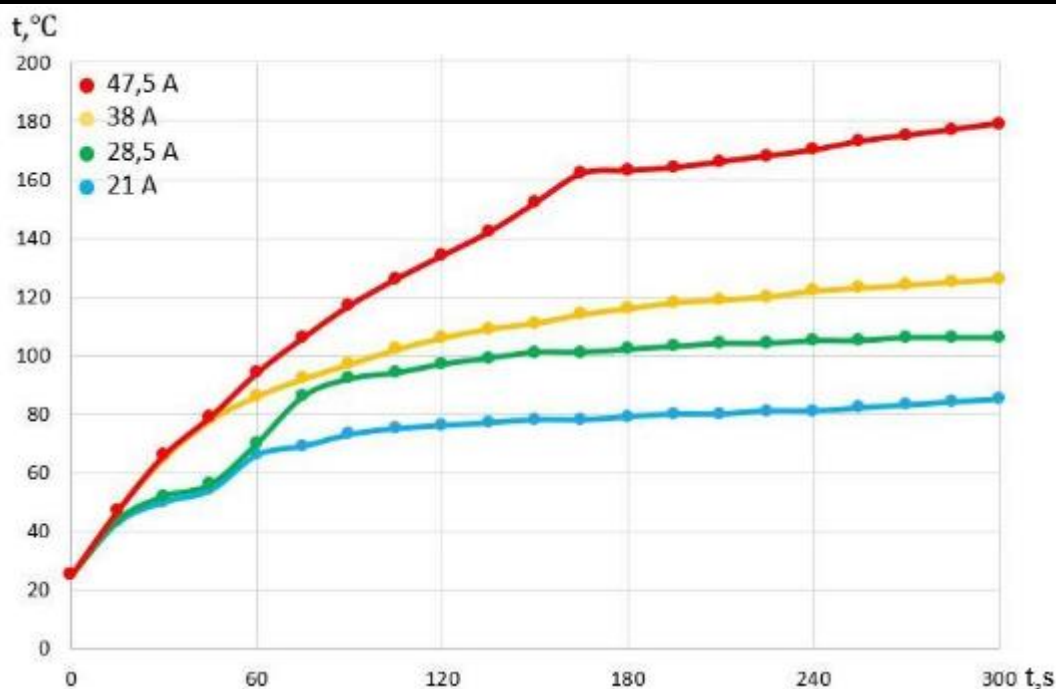


Figure 1 – Graph showing the dependence of the temperature of the EMT electronics 22-4201 terminal on time when different electric currents pass through it

Mathematical models of heating temperatures for different types of electrical connections depending on time are presented in Table 2.

Table 2 – Mathematical models of the terminal temperature of the EMT electronics 22-4201y service terminal

Meaning of electric current I, A	Mathematical model
21.0	$T(t) = 2E-06t^3 - 0.0018t^2 + 0.5212t + 34.398$
28.5	$T(t) = 3E-06t^3 - 0.0029t^2 + 0.8313t + 30.202$
38.0	$T(t) = 3E-06t^3 - 0.0027t^2 + 0.8473t + 37.52$
47.5	$T(t) = 4E-06t^3 - 0.0037t^2 + 1.2827t + 28.307$

Based on the data obtained, it can be concluded that in emergency modes of operation of electrical networks with faulty protection devices, certain types of electrical connections can cause a fire. The test results showed that the EMT electronics 22-4201y terminal deformed under overload and emitted smoke, which could become a source of ignition if used in this mode.

REFERENCES

1. Zemlyansky, O. M., Oliinyk, V. V., Kalchenko, Ya. Yu., Borsuk, O. V., Zobenko, O. O., Tyrsin, O. R. (2025). Fire prevention in electrical installations: training manual. Cherkasy: National University of Civil Protection of Ukraine. 262 p.

PROBLEMS OF POPULATION EVACUATION FROM COMBAT ZONES: THE EXPERIENCE OF 2022–2025

*Levchenko O. G., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Zemlyanska O. V.,
Polukarov Yu. O., PhD, Associate Professor
Igor Sikorsky KPI*

The full-scale war that began in 2022 caused the largest population displacements in the modern history of Ukraine. Evacuation from areas of active hostilities was not a one-time event, but a long-term and systematic process that covered millions of citizens. During 2022–2025, a unique practical experience was formed in organizing evacuation measures in conditions of constant threat of shelling, destruction of critical infrastructure, and unstable security situation. Analysis of this experience allows us to outline key problems and identify areas for improving state policy in the field of civil protection [1].

One of the main problems was the lack of readiness of some territorial communities for large-scale and long-term evacuation. Until 2022, most evacuation plans were developed formally, without taking into account the scenario of large-scale hostilities. They did not provide for the mass and simultaneous displacement of tens of thousands of people, the evacuation of children, hospital patients, residents of boarding schools, as well as the movement of material assets and documentation. In real conditions, this led to the need to quickly revise action algorithms and make management decisions in a crisis mode.

A significant challenge was coordination between state authorities, military administrations, units of the State Emergency Service of Ukraine (SES), the National Police, local governments and volunteer organizations. At the initial stage, there was fragmentation of communication, duplication of functions or, conversely, gaps in responsibility. Subsequently, coordination headquarters were created, mechanisms for centralized management and information exchange were introduced, which increased the effectiveness of the response, but the problem of a clear demarcation of powers in crisis conditions remains relevant.

Transport logistics became one of the most vulnerable elements of the evacuation system. The destruction of bridges, damage to roads and railway infrastructure significantly limited the possibilities of organized evacuation of the population. In many cases, evacuation was carried out under shelling or in the absence of stable “green corridors” [2]. A significant burden fell on railway transport, which provided evacuation flights around the clock. At the same time, the problem of evacuating people with disabilities, bedridden patients, patients of medical institutions and residents of remote rural areas, where transport accessibility was limited even before the start of hostilities, became acute.

The problem of information support for evacuation turned out to be no less difficult. In conditions of hostilities, information quickly lost relevance, routes changed, the security situation deteriorated within hours. The presence of disinformation and panic made it difficult for the population to make decisions. Systematic information was gradually established through official channels, social networks, messengers, local administrations and hotlines. However, the issue of trust in information and citizens’ willingness to act in accordance with government recommendations remained problematic, especially in regions with high levels of social tension.

An important factor affecting the effectiveness of the evacuation was the psychological aspect [3]. Some citizens refused to leave dangerous territories, despite direct threats to their lives. The reasons were fear of the unknown, unwillingness to lose their homes and property, concern for pets, and distrust of the conditions of accommodation in other regions. In some cases, the decision to evacuate was postponed until the situation became critical, which increased

the risks to the lives of both citizens and rescuers. This demonstrated the need to strengthen explanatory work, form a culture of safety, and implement psychological support programs.

A separate group of problems was the issue of social security for evacuees. Mass internal displacement created an additional burden on host communities. It was necessary to promptly resolve the issues of accommodation, nutrition, medical care, employment, and education of children. The introduction of mechanisms for state financial assistance and the creation of registers of internally displaced persons partially stabilized the situation, however, the long-term integration of displaced persons into new communities requires a comprehensive state policy. To reduce psychosocial risks, a number of measures have been introduced at the state level: mobile groups of psychologists, hotlines, integration of mental health services into transit points.

In 2023–2025, a more structured approach to organizing mandatory evacuation from certain territories was developed. Decisions began to be made based on clear criteria for the security situation, taking into account risks for children and other vulnerable categories of the population. Cooperation with international humanitarian organizations that provided transport, temporary housing, and humanitarian aid was intensified. However, challenges remain regarding financing evacuation measures, maintaining the human resources potential of civil defense services, and restoring infrastructure after the end of hostilities.

The experience of 2022–2025 revealed both the weaknesses of the evacuation system and its adaptability to extremely difficult conditions. Systematic improvement of evacuation mechanisms should be based on the generalization of practical experience and the provisions of current legislation in the field of civil defense [4]. These processes should be aimed at updating evacuation plans taking into account military risks, digitalizing accounting and coordination processes, developing transport reserves, training personnel and systematically educating the population in crisis situations. Evacuation should be considered not only as an emergency measure, but as an element of a comprehensive policy of national security and civil protection.

REFERENCES

1. Левченко О. Г., Землянська О. В., Праховнік Н. А., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності та цивільний захист: підручник. Київ : Каравела, 2021. 268 с. (друге видання). URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/72383>
2. Інструкції з безпеки життєдіяльності під час дії воєнного стану для студентів КПІ ім. Ігоря Сікорського / О. В. Землянська. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 56 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48192>
3. Биченко С., Побідаш А., Пліско Ю. Психосоціальні аспекти евакуації населення в умовах воєнного стану в Україні: етапи, виклики, міжвідомча взаємодія. Проблеми екстремальної та кризової психології. 2025. № 2 (10). С. 5–23. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/26895>
4. Запорожець О. І., Михайлюк В. О., Халмурадов Б. Д., Русаловський А. В., Кулалаєва Н. В. Цивільний захист. Видавництво «Центр учбової літератури», 2020. 264 с.

СЕКЦІЯ 2

МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

УДК 351.861

ОЦІНКА УРАЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ЧИННИКАМИ ВИБУХУ БОЄПРИПАСІВ ЯК КРИТЕРІЙ УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ

Афанасенко К. А., к.т.н., доцент,

Григоренко О. М., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Управління ризиками на об'єктах критичної інфраструктури вимагає переходу від детерміністичних методів забезпечення безпеки до кількісної оцінки ризику. Загальне кількісне оцінювання ризику спирається на визначення двох основних складових – здатності прогнозування ймовірності настання небажаної події та оцінки її наслідків. Оцінка ризику ураження людей та об'єктів ударною хвилею та осколками є ключовим критерієм управління ризиком у військовій, цивільній та промисловій сферах.

Сучасна наука розглядає вибух як комплексний процес, де ймовірність летальності або руйнування споруд може бути розрахована через математичні пробіт-функції, що пов'язують параметри небезпечних чинників вибуху з його наслідками. У сучасних умовах впровадження ймовірнісних підходів у процесі оцінки та управління ризиками у державні стандарти є актуальним завданням.

Аналіз літературних джерел, зокрема [1], використання пробіт-функцій (Pr) дозволяють трансформувати випадковий характер вибухового навантаження у конкретний показник ймовірності ураження P . Типове рівняння має вигляд:

$$Pr = a + b \cdot \ln(V), \quad (1)$$

де a та b – емпіричні коефіцієнти, що специфічні для кожного типу ураження, а V – вектор навантаження (наприклад, надлишковий тиск ΔP або імпульс I).

Сучасні дослідження [2] вказують на необхідність уточнення цих коефіцієнтів для різних сценаріїв та умов (наприклад, захищеності об'єкта, виду травм та ін.).

Уражальна дія від вибуху боєприпасу обумовлена впливом повітряної ударної хвилі (ПУХ) та уламків. ПУХ є первинним чинником. У роботі [3] наводять наступну пробіт-модель для визначення ймовірності ураження легень, що мають летальні наслідки:

$$Pr = -77,1 + 6,91 \cdot \ln(\Delta P), \quad (2)$$

де (ΔP) – надлишковий тиск вибуху, Па.

Для оцінки ймовірності травмування (розриву) барабанних перетинок у роботі [4] автори наводять функцію у вигляді:

$$Pr = -15,6 + 1,93 \cdot \ln(\Delta P). \quad (3)$$

Дослідження [3, 4] підтверджують можливість використання логнормальних розподілів параметрів ПУХ для побудови кривих летальності, що, у свою чергу, можуть бути враховані при зонуванні території об'єктів, як ймовірних цілей атак боєприпасів фугасної дії.

Аналіз ракетно-артилерійських ударів по енергетичному комплексу України з 24 лютого 2022 року показав переважання ураження об'єктів осколковою дією боєприпасів [5], що є домінуючим чинником ураження на дальніх дистанціях від епіцентру вибуху. Дослідження [1] базуються на стохастичних моделях первинної фрагментації для осколочних боєприпасів, розподілу маси осколків, початковій швидкості та врахуванні аеродинамічного опору. При цьому ймовірність влучання зазвичай розраховується за розподілом Пуассона:

$$P = 1 - \exp(-\rho \cdot A), \quad (4)$$

де ρ – поверхнева густина осколків, A – ефективна площа цілі ($0,5 \text{ м}^2$ для людини).

Спрощена пробіт-функція, що може бути використана для оцінки ймовірності летального (важкого) ураження людини наведена в [2]:

$$Pr = -17,56 + 5,30 \cdot \ln\left(\frac{1}{2} m_f \cdot v^2\right). \quad (5)$$

де m_f – маса осколка боєприпасу, кг; v – швидкість осколка, м/с.

Отже, перехід від детерміністичних методів до кількісної оцінки ризику з використанням пробіт-функцій дозволяє точно трансформувати параметри ударної хвилі та осколків боєприпасів у ймовірність летальності чи тяжких уражень людей. Це є ключовим критерієм управління ризиками, оскільки дає змогу враховувати стохастичний характер вибухового навантаження. Запропоновані пробіт-моделі для первинної фрагментації та повітряної ударної хвилі забезпечують обґрунтоване зонування територій і впровадження ймовірнісних підходів у державні стандарти безпеки. Подальші дослідження повинні уточнювати емпіричні коефіцієнти для різних умов захищеності та типів боєприпасів, що підвищить точність прогнозування наслідків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Qin, H., Stewart, M. G. (2021). Casualty risks induced by primary fragmentation hazards from high-explosive munitions. *Reliability Engineering & System Safety*. 215. 107874. DOI: 10.1016/j.ress.2021.107874.
2. Price, M. A., Nguyen, V.-T., Hassan, O., Morgan, K. (2017). An approach to modeling blast and fragment risks from improvised explosive devices. *Applied Mathematical Modelling*. 50. 715–731. DOI: 10.1016/j.apm.2017.06.015.
3. Iacob, N. et al. (2025). Explosion Characteristics and Lethality Degree Evaluation from Improvised Explosive Device (IED) Detonation in Urban Area: Case of the Cylindrical Geometry. *Applied Sciences*. 15. 22. 11851. DOI: 10.3390/app152211851.
4. Liang, R. et al. (2025). Assessment model of blast injury: A narrative review. *IScience*. DOI: 10.1016/j.isci.2025.112830.
5. Afanasenko, K., Lypovyi, V., Kalchenko, Y., Hryhorenko, O. (2025). The Possibility of Energy Enterprises Technological Units' Protection from the Fragmentation Effect of Ammunition. In: *The Impact of the Energy Dependency on Critical Infrastructure Protection*. DOI: 10.1007/978-3-031-78544-3_31.

СТРАТЕГІЧНИЙ ВЕКТОР МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ СИСТЕМНИХ ВИКЛИКІВ ТА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Бусел А. С.,

Ковальчук О. І., PhD

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сучасний етап розвитку глобального безпекового середовища характеризується стрімкою ескалацією системних викликів, що вимагає від інституцій цивільного захисту принципово нових підходів до формування операційної стійкості. В умовах динамічної зміни характеру надзвичайних ситуацій, зумовлених як техногенно-природними факторами, так і збройною агресією, стратегічне значення логістичного забезпечення підрозділів ДСНС трансформується з допоміжної функції у визначальний чинник національної безпеки. Традиційні моделі ресурсного менеджменту, що базуються на статичному плануванні та інерційних механізмах розподілу, виявляються недостатньо ефективними перед обличчям нелінійних загроз, які потребують миттєвої адаптації та автономності підрозділів на місцях. Це актуалізує необхідність системної модернізації логістичної інфраструктури через призму цифрової трансформації та впровадження інтелектуальних систем управління, здатних синхронізувати інформаційні та матеріальні потоки в режимі реального часу.

Об'єктивна потреба у підвищенні життєстійкості (resilience) територіальних систем безпеки вимагає розробки та впровадження науково обґрунтованої стратегії модернізації логістики, яка б інтегрувала передові досягнення у сфері великих даних, нейромережевого моделювання та предиктивної аналітики. Цифрова трансформація логістичних процесів у системі ДСНС має на меті не лише оптимізацію витрат та автоматизацію обліку, а насамперед створення гнучкої екосистеми підтримки прийняття рішень, здатної функціонувати в умовах критичних ресурсних обмежень та руйнації стандартних комунікацій. Саме стратегічний вектор на інтелектуалізацію логістичного забезпечення дозволяє сформувати якісно новий безпековий каркас держави, де кожна рятувальна операція підкріплена надійним, технологічним та своєчасним ресурсним ресурсом, що в кінцевому підсумку визначає здатність системи цивільного захисту виконувати своє головне завдання – збереження людського життя та захист національного надбання в цифрову епоху.

Сучасна архітектура логістичного забезпечення в системі ДСНС трансформується з лінійної моделі постачання у складну багатовимірну екосистему, яка має функціонувати в умовах високої динамічності загроз та критичного дефіциту часу. В основі цієї трансформації лежить необхідність подолання інерційності традиційних тилових структур шляхом впровадження принципів «гнучкої логістики» (Agile Logistics), що дозволяє миттєво адаптувати обсяги та номенклатуру ресурсних потоків до специфіки конкретної надзвичайної ситуації. Логістичне забезпечення в умовах цивільного захисту сьогодні розглядається як критична компонента національної стійкості (Resilience), де ефективність рятувальних операцій безпосередньо корелює з якістю функціонування логістичних ланцюгів. Це вимагає створення інтегрованої мережі територіальних логістичних кластерів, які діють як автономні вузли забезпечення, здатні підтримувати життєдіяльність підрозділів у режимі повної ізоляції інфраструктури. Стратегічне планування конфігурації цих вузлів має базуватися на глибокому аналізі ризиків територій, що дозволяє превентивно розміщувати спеціалізовані модулі забезпечення – від мобільних пунктів життєзабезпечення до високотехнологічних ремонтних комплексів – у зонах найвищої ймовірності виникнення кризових явищ.

Ключовим чинником підвищення ефективності логістичного циклу є цифрова конвергенція всіх процесів управління матеріально-технічними ресурсами в межах єдиної логістично-інформаційної системи (ЛІС). Впровадження технологій інтернету речей (ІоТ) для моніторингу стану спеціальної техніки та обладнання в реальному часі дозволяє перейти до моделі обслуговування за фактичним станом, що критично важливо для підтримки постійної бойової готовності. Предиктивна аналітика на основі великих даних дає змогу оптимізувати запаси пально-мастильних матеріалів, засобів пожежогасіння та медикаментів, мінімізуючи надлишкові витрати та забезпечуючи гарантовану наявність критичних ресурсів у моменти пікових навантажень. Управління логістикою в ДСНС набуває ознак «інтелектуального конвеєра», де інформаційні потоки про стан ресурсів випереджають фізичне переміщення вантажів, що дозволяє реалізувати стратегію точного постачання (Just-in-Time) навіть у хаотичних умовах ліквідації наслідків масштабних катастроф. При цьому особлива увага приділяється кіберзахисту логістичних систем, оскільки цілісність інформації про ресурси є визначальною для збереження керованості сил цивільного захисту.

Окремий технологічний пласт модернізації охоплює розвиток технічного та тилового забезпечення через призму впровадження модульних та автономних систем. Сучасна логістика ДСНС орієнтується на використання уніфікованих платформ та контейнерних рішень, що дозволяє швидко нарощувати потужності забезпечення безпосередньо в польових умовах. Розгортання мобільних логістичних баз, оснащених системами автономної енергогенерації, водоочищення та супутникового зв'язку, забезпечує високу життєстійкість рятувальних підрозділів при тривалих операціях. Оптимізація паливної логістики шляхом впровадження гнучких резервуарів та систем автоматизованого контролю відпуску палива дозволяє усунути втрати та забезпечити прозорість використання ресурсів. Тилове забезпечення трансформується у комплексний сервіс життєзабезпечення особового складу, де ергономіка харчування, медичного обслуговування та відпочинку рятувальників розглядається як інструмент збереження їхньої працездатності в екстремальних режимах. Така деталізація логістичних процесів дозволяє сформувавши замкнений цикл підтримки операційної діяльності, де кожен технічний регламент та логістична операція працюють на кінцеву мету мінімізацію часу реагування та максимальне збереження життів.

Інтеграція системи логістичного забезпечення ДСНС у загальнодержавну систему цивільного захисту вимагає розробки нових механізмів міжвідомчої взаємодії та координації з приватним сектором логістики. Створення спільних логістичних платформ дозволяє використовувати цивільний транспортний та складський потенціал для потреб рятувальних служб під час масштабних криз, що значно розширює можливості держави щодо швидкого маневрування ресурсами. Цифровізація HRM-процесів у логістиці забезпечує підготовку фахівців, здатних оперувати складними автоматизованими системами та приймати рішення в умовах багатофакторного ризику. Формування нової логістичної культури, заснованої на принципах ощадливого управління (Lean Management) та інноваційної активності, є запорукою успішної реалізації стратегії модернізації. У підсумку, створення інтелектуальної, адаптивної та стійкої логістичної системи в ДСНС стає головним драйвером підвищення якості послуг безпеки, забезпечуючи сталий розвиток територіальних громад та гарантуючи високий рівень захищеності національних інтересів у сфері цивільної безпеки на десятиліття вперед.

Розбудова сучасної логістики в системі ДСНС є незворотним процесом, що визначає майбутнє служби як високотехнологічної інституції. Впровадження логістично-інформаційних систем нового покоління дозволяє перетворити ресурсне забезпечення з фактора обмеження на фактор стратегічної переваги. Ключовим висновком є необхідність подальшої інвестиції в цифрову інфраструктуру та автономні модулі забезпечення, що дозволить мінімізувати вплив руйнування стаціонарних об'єктів на ефективність

рятувальних робіт. Перспективним напрямком є розробка та впровадження алгоритмів штучного інтелекту для автоматизованого планування логістичних маршрутів у складних умовах та управління запасами на основі прогнозних моделей SmartRes. Це дозволить не лише оптимізувати витрати державних коштів, а й сформувати якісно нову архітектуру територіальної безпеки, де логістика є невидимим, але надійним фундаментом кожного врятованого життя та кожної успішно завершеної операції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тригуба А. М., Ратушний Р. Т., Ратушний А. Р., Коваль Л. С., Івануса А. І. Оптимізація безпекової інфраструктури у програмах післявоєнного відновлення з використанням сучасних геоінформаційних систем. Вісник ЛДУБЖД. 2025. № 31. DOI: 10.32447/20784643.31.2025.20.
2. Ратушний Р. Т. Методологія портфельно-гібридного управління розвитком територіальних систем безпеки : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.22. Львів : ЛДУБЖД, 2020. 361 с.
3. Kovalchuk, O., Kobylkin, D., Zachko, O. (2023). 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. 149–159.

АКТУАЛЬНІСТЬ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Головко М. О.,

Мелещенко Р. Г., д.т.н., професор

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту

Національного університету цивільного захисту

Кожна надзвичайна ситуація (НС) потребує безпосередньої прив'язки до небезпечного об'єкта та зони ураження. Моніторинг показує, що число НС природного, соціального та воєнного характеру втричі менший, ніж техногенних чинників, які загрожують вразливим об'єктам інфраструктури. Але сучасні реалії свідчать про те, що кількість надзвичайних ситуацій зросла у зв'язку з воєнним станом. Із-за збільшення кількості джерел ризику виникає частіше НС. Але сучасні реалії свідчать про те, що кількість надзвичайних ситуацій зросла у зв'язку з воєнним станом. Це катастрофічні наслідки, від яких багато жертв до повного знищення промислових об'єктів та екологічного забруднення. Одне з перших питань стоїть по відношенню до критичної інфраструктури, бо це є стратегічно важливі об'єкти для національної безпеки та економіки країни.

Ключовим джерелом техногенних ризиків є саме діяльність людини. Порушення регламентів, помилки при проектуванні чи експлуатації об'єктів створюють підґрунтя для масштабних кризових ситуацій. З огляду на це, завданням у виробничій діяльності є мінімізація ризиків виникнення джерел небезпеки. Одним із найефективніших підходів до запобігання техногенним катастрофам є стратегія превентивного управління, спрямована на усунення самих передумов появи потенційних загроз. Світова практика показує, що впровадження методів і технічних засобів запобігання надзвичайним ситуаціям створює умови для їх повного усунення ще на стадії зародження ризиків або скорочує у 2–3 рази витрати на швидкість ліквідації. В цьому випадку попередження НС дозволяє зменшити або забезпечити абсолютну захищеність населення та територій. Ефективна протидія зростанню техногенних загроз полягає у масовому застосуванні засобів раннього виявлення, які дозволяють ліквідувати небезпеку ще до її переходу у фазу надзвичайної ситуації.

В цьому випадку джерела потенційної загрози здійснюють деструктивний вплив на об'єкти захисту через повітряне середовище. Повітряне середовище першим зреагує на появу зародження небезпеки. Тому, важливою інформацією для ефективності заходів безпосередньо залежить від оперативного моніторингу складу та якості повітряного середовища на об'єктах критичної інфраструктури та за межами таких об'єктів. Безперервний контроль складу повітряного середовища виступає надійним інструментом ранньої детекції надзвичайних ситуацій. Завдяки фіксації відхилень від норми, система управління може вчасно нейтралізувати ризики загорянь, вибухів та хімічного зараження ще на стадії їх зародження. Використання стану повітряного середовища як індикатора появи об'єктів небезпеки ускладнюється тим, що повітряне середовище за таких умов являє собою складну нелінійну динамічну систему з проявами дисипації та здатністю до самоорганізації. Підходячи до цієї системи, класичні методи мають відсутність аналізу динаміки станів через застарілі алгоритми моніторингу позбавляє управлінців можливості діяти превентивно, на випередження кризи. Це спричиняє формування викривленого уявлення про реальну динаміку стану повітряного середовища при появі об'єктів небезпеки. Отже, моніторинг динаміки стану повітря є пріоритетом у системі

попередження НС. Це дозволяє попередити людські жертви, техногенні руйнування та екологічне забруднення ще на етапі зародження критичних деструктивних чинників

Водночас, динаміка стану атмосфери при виникненні небезпеки не є хаотичною. Згідно з принципами дисипативних систем, її стани мають рекурентний характер. Це фундаментальне положення дає змогу виявляти закономірні ознаки наближення катастрофи ще до її повної реалізації. Метод рекурентної діаграми відомий своїм дієвим інструментом для виявлення рекурентних станів складних динамічних систем. Ці методи належать до класу візуальних та не дозволяють використовувати їх щодо запобігання НС. Вони є фундаментом більшості сучасних методів щодо кількісного аналізу рекурентних станів. Ці поширені методи рекурентна діаграма та рекурентний стан з огляду оперативного моніторингу повітряного середовища ці засоби мають суттєві обмеження. Застосування цих методів щодо попередження НС на теперішній час не використовується. Сьогоднішні реалії військового часу втратили актуальність і не впроваджуються у практичну діяльність [1, 2].

Отже, розроблення інноваційного методу рекурентно-індикаторного попередження НС військового характеру, що ґрунтується на оперативному моніторингу повітряного середовища з подальшим аналізом показників за допомогою рекурентних діаграм і методів нелінійної динаміки, що дозволить прогнозувати розвиток техногенних і військово зумовлених загроз на ранніх стадіях їх формування та забезпечувати превентивне управлінське реагування. Тому в умовах воєнного стану ризики техногенного ураження критичної інфраструктури зростають у наслідок цілеспрямованих пошкоджень об'єктів і в енергетики, транспорту та промисловості, що підвищує вимоги до систем оперативного моніторингу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pospelov, B., Rybka, E., Meleschenko, R., Gornostal, S., Shcherbak, S. (2017). Results of experimental research into correlations between hazardous factors of ignition of materials in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6. 10 (90). 50–56. DOI: 10.15587/2312-8372.2016.85866.

2. Мелешенко Р. Г. Инженерно-технический метод предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера с помощью контроля загрязнения атмосферного воздуха. *Збірник наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій»*. 2019. № 30. С. 85–97.

ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСНИХ УКРИТТІВ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА НАПРЯМИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

*Гречка Н. В.,
Костенко Т. В., д.т.н., професор
Національний університет цивільного захисту України*

Повномасштабне збройне вторгнення Російської Федерації, яке розпочалося 24 лютого 2022 року, поставило перед системою цивільного захисту України безпрецедентні виклики. Масовані ракетні удари по цивільній та критичній інфраструктурі, систематичне застосування безпілотних літальних апаратів типу «Shahed-131/136» («Герань 2»), ведення активних бойових дій у безпосередній близькості до населених пунктів перетворили питання організації укриттів та евакуації населення з теоретичних на щоденно практичні.

Статистика є красномовною: протягом 2022–2025 років було евакуйовано понад 3,5 мільйони людей з прифронтових і прилеглих до них районів; в умовах повітряних тривог, що оголошувались щоденно, мільйони містян вимушені були покладатись на захисні споруди різного ступеню придатності. Неготовність значної частини цих споруд до реального використання виявилась однією з найболючіших системних вад у сфері цивільного захисту.

Відповідно до статті 2 Кодексу цивільного захисту України захисні споруди цивільного захисту – це інженерні споруди, призначені для захисту населення від впливу небезпечних факторів, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів [1].

Більшість об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту в Україні побудована в радянський період і не відповідає сучасним вимогам безпеки та комфорту тривалого перебування. Ключовими технічними вадами є: відсутність автономних систем електропостачання та вентиляції; незадовільний стан санітарно-гігієнічних вузлів; відсутність резервних запасів питної води та продовольства; непристосованість приміщень для осіб з обмеженими можливостями.

Згідно з вимогами нового ДБН В.2.2-5:2023, захисні споруди та споруди подвійного призначення проєктуються і будуються таким чином, щоб протягом певного часу (до 48 годин) створити належні умови для перебування людей [2]. Однак реалізація цих нормативів на практиці стикається зі значними труднощами, насамперед в умовах ущільненої міської забудови.

Прийнятий у 2023 році ДБН В.2.2-5:2023, незважаючи на суттєве оновлення технічних вимог, породив нові правові суперечності. Зокрема, в документі фактично встановлено нові правові норми, що вступають у суперечність з вимогами статті 32 Кодексу цивільного захисту України [1]. Це насамперед стосується питань організації укриття різних категорій населення та визначення місткості захисних споруд.

Фактична нерівномірність покриття територій захисними спорудами залишається однією з найгостріших проблем. Центральні частини міст забезпечені укриттями краще, тоді як спальні райони та сільська місцевість мають критичний дефіцит таких споруд. При цьому значна частина укриттів була перепрофільована під комерційне використання і в момент загрози виявилась недоступною або технічно непридатною для населення.

Отже, організація укриттів є одним з ключових елементів системи цивільного захисту в умовах збройного конфлікту. Повномасштабне вторгнення виявило системні вади у цій сфері: технічну застарілість фонду захисних споруд, нормативно-правові колізії, недостатню координацію евакуаційних заходів та незахищеність вразливих груп населення.

Вирішення наявних проблем потребує комплексного підходу: оновлення та гармонізації нормативно-правової бази, модернізації матеріально-технічної бази захисних споруд, впровадження цифрових інструментів управління та регулярного практичного відпрацювання евакуаційних планів. Першочерговим завданням залишається законодавче врегулювання статусу захисних споруд та чіткий розподіл відповідальності між суб'єктами цивільного захисту. Врахування досвіду країн – членів НАТО та адаптація їх кращих практик до українських реалій є важливою умовою підвищення ефективності захисту населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.
2. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту : затверджено наказом Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 10.08.2023 № 702. Набрал чинності 01.11.2023.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ: ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ

*Зеленько І. І.,
Ковальчук О. І., PhD*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Зростання кількості надзвичайних ситуацій (НС) природного, техногенного, соціального та воєнного характеру є однією з ключових загроз сталому розвитку держави. Урбанізація, висока концентрація промислових об'єктів, зношеність інфраструктури, кліматичні зміни, а також воєнні дії на території України значно підвищують рівень потенційних небезпек. У таких умовах особливого значення набуває формування ефективної системи управління ризиками, здатної не лише реагувати на надзвичайні події, а й попереджати їх виникнення та мінімізувати наслідки.

Функціонування державної системи цивільного захисту забезпечується, зокрема, Державна служба України з надзвичайних ситуацій, яка реалізує державну політику у сфері техногенної та пожежної безпеки, організовує реагування на НС та координує діяльність територіальних підрозділів.

Відповідно до положень Кодексу цивільного захисту України, надзвичайна ситуація це обстановка на окремій території чи об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення та спричинена аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, воєнними діями тощо. Ризик у сфері НС визначається як імовірність виникнення небезпечної події та величина можливих втрат (людських, матеріальних, екологічних). Таким чином, ризик є інтегральною характеристикою небезпеки, що враховує як частоту події, так і тяжкість її наслідків.

Система управління ризиками в Україні базується на положеннях Кодексу цивільного захисту України, а також інших нормативно-правових актів у сфері техногенної та пожежної безпеки. Значну роль відіграють державні стандарти та методики оцінювання ризиків. Управління ризиками в надзвичайних ситуаціях є складним багаторівневим процесом, що охоплює прогнозування, планування, реагування та відновлення. Ефективність цієї діяльності визначається системністю підходу, науковим

Управління ризиками в надзвичайних ситуаціях є стратегічним напрямом державної політики у сфері національної безпеки. Ефективна система ризик-менеджменту повинна базуватися на комплексному підході, що поєднує правові, організаційні, економічні та технічні інструменти. Перехід від реактивної моделі реагування до проактивної системи запобігання ризикам сприятиме підвищенню стійкості держави, зменшенню людських і матеріальних втрат та забезпеченню безпеки населення в умовах сучасних викликів.

Сучасна парадигма управління в умовах надзвичайних ситуацій (НС) вимагає переходу від моделі оперативного реагування на наслідки до стратегії випереджального управління ризиками. Це передбачає не лише готовність сил цивільного захисту до дій, а й глибокий аналіз потенційних загроз на етапі їх зародження. Актуальність теми зумовлена зростанням інтенсивності техногенних навантажень та кліматичних змін, що робить традиційні методи прогнозування недостатніми без залучення цифрових інструментів моделювання.

Процес управління ризиками ґрунтується на циклічному підході, що включає ідентифікацію небезпек, кількісну та якісну оцінку вразливості територій, а також розробку заходів із мінімізації втрат. Ключовим елементом тут є побудова матриць

ризиків, які дозволяють пріоритетувати ресурси на найбільш критичних напрямках. Ефективність такої системи залежить від точності вхідних даних та здатності системи адаптуватися до нових, раніше невідомих викликів, що виникають у динамічному середовищі.

Впровадження сучасних технологій, таких як штучний інтелект та системи дистанційного зондування Землі, дозволяє значно підвищити якість моніторингу потенційно небезпечних об'єктів. Використання прогностичних моделей на основі великих даних (Big Data) забезпечує можливість раннього оповіщення та розрахунку сценаріїв розвитку подій у режимі реального часу. Це трансформує управління ризиками у високотехнологічну галузь, де швидкість обробки інформації безпосередньо корелює з мінімізацією людських та економічних збитків.

Кінцевою метою управління ризиками є досягнення високого рівня стійкості (resilience) соціально-економічних систем. Це означає здатність громад та інфраструктури не лише витримувати удари стихійного чи техногенного характеру, а й максимально швидко відновлювати функціональність. Успішна реалізація такої стратегії можлива лише за умови синергії між державними інституціями, науковою спільнотою та приватним сектором, що створює цілісну екосистему безпеки.

Підсумовуючи, можна констатувати, що перехід від реактивного до проактивного управління ризиками є критичною необхідністю для забезпечення сталого розвитку сучасних територіальних систем. Ефективність такої моделі безпосередньо залежить від інтеграції науково обґрунтованих методів прогнозування з новітніми цифровими технологіями, що дозволяє не лише мінімізувати ймовірні збитки, а й оптимізувати розподіл обмежених ресурсів цивільного захисту.

Важливим аспектом залишається розробка стратегій підвищення інфраструктурної та соціальної стійкості, де основний акцент зміщується на превентивну адаптацію об'єктів критичної інфраструктури до потенційних загроз. Подальші дослідження у цьому напрямку мають бути зосереджені на вдосконаленні алгоритмів оцінки кумулятивного ризику в умовах невизначеності та розбудові систем раннього оповіщення, що стануть фундаментом для створення безпечного та резильєнтного середовища життєдіяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI, Стаття 2, С. 6–14.
2. Kovalchuk, O. (2024). Risk management of cyber protection programs for critical infrastructure facilities. V Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційна безпека та інформаційні технології». Кібербезпека інфраструктури, ЛДУБЖД.
3. Гавриш А. П., Яковчук Р. С., Стародуб Ю. П., Тур Н. Ю. Управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних з затопленням територій на рівні об'єднаних територіальних громад. Науковий журнал «Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека». ІДУ НД. Київ. 2023. № 1 (15). С. 101–109.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ КОНФІГУРАЦІЇ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ

*Климчук Ю. В.,
Ковальчук О. І., PhD*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Фундаментальна проблема проектування територіальних систем безпеки полягає у необхідності вирішення багатокритеріальної задачі оптимізації в умовах високої ентропії зовнішнього середовища. Традиційні підходи, що базуються на детермінованих алгоритмах, не здатні адекватно інтерпретувати нелінійні взаємозв'язки між різнорідними факторами впливу, такими як динаміка щільності транспортних потоків, часові варіації навантаження на енергомережі та ймовірнісні сценарії розвитку надзвичайних ситуацій. Впровадження нейронних мереж, зокрема архітектур глибинного навчання, дозволяє перейти до концепції когнітивного планування, де конфігурація системи розглядається як живий організм, здатний до структурної та функціональної реконфігурації. Використання графових нейронних мереж (GNN) стає ключовим інструментом у цьому процесі, оскільки вони дозволяють безпосередньо працювати з топологічною структурою території, де кожен об'єкт безпеки представлений як вузол із власним вектором ознак, а логістичні зв'язки – як ребра з динамічно змінюваними вагами. Таке моделювання забезпечує високу точність прогнозування критичних станів системи та дозволяє ще на етапі проектування виявити потенційні точки каскадного руйнування інфраструктури, що є основою для побудови стратегії випереджаючого захисту та раціонального розподілу ресурсів у межах територіальних громад.

Методологічна складність інтелектуального конфігурування посилюється необхідністю впровадження принципів динамічної стійкості (Resilience), що вимагає від системи не просто пасивної витривалості, а здатності до адаптивної трансформації під тиском деструктивних факторів. У контексті нейромережевого моделювання це реалізується через розробку сценаріїв «розумної над надлишковості», де нейромережа вчиться оптимізувати не лише поточну ефективність реагування, а й майбутню здатність до відновлення. Математичний апарат навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning) дозволяє агенту управління проходити через мільйони ітерацій кризових ситуацій у цифровому двійнику території, виробляючи оптимальні патерни конфігурування сил та засобів. Це включає в себе не тільки фізичне розміщення стаціонарних об'єктів, таких як центри територіальної безпеки, а й розробку алгоритмів динамічного маневрування мобільними ресурсами. Таким чином, конфігурація системи безпеки перетворюється на багаторівневу ієрархічну структуру, де верхній рівень відповідає за стратегічну стабільність інфраструктури, а нижні рівні – за оперативну гнучкість логістичних ланцюгів, що забезпечує безперервність надання послуг безпеки навіть за умов часткової деградації окремих компонентів мережі.

Особливий акцент у розширеній моделі планування приділяється інтеграції логістично-інформаційних систем (ЛІС) та платформ інтелектуального управління ресурсами, таких як SmartRes. Взаємодія цих систем із нейромережевим ядром дозволяє реалізувати механізми предиктивного забезпечення, де логістичні потоки автоматично підлаштовуються під прогнозовані зміни рівня загрози. Використання рекурентних нейронних мереж (RNN) та моделей з архітектурою Transformer дає змогу аналізувати складні часові послідовності та виявляти ранні ознаки системних збоїв у забезпеченні територіальної безпеки. Це дозволяє перейти до стратегічного планування в режимі реального часу, де конфігурація системи постійно уточнюється на основі поточних даних

про стан ресурсів, цифровізацію HRM та актуальні бюджетні обмеження. Такий підхід нівелює традиційний розрив між довгостроковим стратегічним плануванням та оперативним управлінням, створюючи єдиний контур інтелектуальної підтримки прийняття рішень. У цьому середовищі людський фактор зміщується від безпосереднього виконання рутинних розрахунків до верифікації та коригування стратегій, запропонованих штучним інтелектом, що значно підвищує швидкість та якість стратегічного розгортання безпекової інфраструктури.

Кінцева мета впровадження нейромережевих технологій у планування конфігурації територіальних систем безпеки полягає у створенні цілісної, самоорганізованої екосистеми, яка інтегрована у загальну цифрову архітектуру управління державою та регіоном. Використання методів федеративного навчання дозволяє масштабувати цей досвід на різні територіальні громади, зберігаючи при цьому конфіденційність локальних даних, але збагачуючи загальну модель знаннями про ефективні методи протидії загрозам. Таке системне конфігурування забезпечує високу синергію між цивільним захистом, пожежною безпекою, медичною допомогою та кіберзахистом, формуючи єдиний «безпековий каркас» території. В умовах стрімкої цифровізації та зростання складності соціально-технічних систем, нейромережеве планування стає єдиним релевантним інструментом, здатним забезпечити стратегічну перевагу у протидії сучасним викликам, гарантуючи стійкий розвиток та високу якість життя в межах безпечних територіальних одиниць. Це закладає підвалини для нової наукової дисципліни на стику системного аналізу, штучного інтелекту та безпекознавства, що визначатиме стандарти проектування інфраструктури на десятиліття вперед.

Підсумовуючи проведене дослідження методології планування конфігурації територіальних систем безпеки на основі нейронних мереж, можна стверджувати, що перехід до інтелектуальних алгоритмів проектування є не просто технічною інновацією, а фундаментальною зміною управлінської парадигми в галузі цивільного захисту. Проведений аналіз підтверджує, що традиційні методи планування вичерпали свій ресурс адаптивності у світі нелінійних загроз, тоді як нейромережеві моделі забезпечують необхідний рівень гнучкості та прогнозової точності. Головним результатом впровадження такої методології є створення динамічного безпекового каркасу території, який володіє властивістю резильєнтності – здатністю не лише протистояти зовнішнім шокам, а й самостійно відновлювати логістичні та інформаційні зв'язки у разі системних пошкоджень. Це досягається завдяки здатності нейронних мереж оперувати багатовимірними просторами даних та синтезувати топологічні рішення, що є оптимальними одночасно за критеріями оперативності реагування, економічної доцільності та стратегічної стійкості інфраструктури в умовах ресурсних обмежень.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості створення інтегрованого цифрового середовища управління безпекою громади, де системи класу SmartRes стають інтелектуальним ядром прийняття рішень. Розроблений підхід дозволяє автоматизувати складні процеси конфігурування територіальних центрів безпеки, перетворюючи їх на єдину когнітивну мережу, що здатна до предиктивного маневрування ресурсами. Важливим висновком є те, що цифровізація HRM та логістичних процесів у поєднанні з нейромережевим аналізом нівелює ризики суб'єктивізму та значно скорочує час стратегічного розгортання сил у критичних ситуаціях. Таким чином, запропонована методологія забезпечує перехід від «реагуючої безпеки» до «безпеки на випередження», де кожна зміна у конфігурації системи є результатом глибокого аналізу предиктивних моделей та ймовірнісних сценаріїв розвитку подій, що в кінцевому підсумку гарантує вищий рівень захищеності людського капіталу та критичних активів територіальних громад.

Подальші перспективи досліджень у цьому напрямку вбачаються у розвитку гібридних архітектур штучного інтелекту, що поєднують графові нейронні мережі з експертними системами на основі нечіткої логіки для роботи в умовах критичного

дефіциту вхідної інформації. Особливої уваги потребує питання масштабування інтелектуальних систем безпеки на рівні міжрегіональної взаємодії та розробка протоколів федеративного навчання, що дозволять громадам обмінюватися досвідом подолання кризових ситуацій без ризику витоку чутливих даних. Очевидно, що майбутнє територіальної безпеки лежить у площині повної інтеграції фізичної інфраструктури з її цифровим двійником, де нейронні мережі виконуватимуть роль «автономного диспетчера» стратегічного розвитку. Створення таких стійких, самоорганізованих систем є ключовим фактором національної стійкості, що дозволить ефективно протидіяти викликам сучасної епохи та закладе надійний фундамент для сталого цифрового майбутнього держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тригуба А. М., Ратушний Р. Т., Ратушний А. Р., Коваль Л. С., Івануса А. І. Оптимізація безпекової інфраструктури у програмах післявоєнного відновлення з використанням сучасних геоінформаційних систем. Вісник ЛДУБЖД. 2025. № 31. DOI: 10.32447/20784643.31.2025.20.
2. Ратушний Р. Т. Методологія портфельно-гібридного управління розвитком територіальних систем безпеки : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.22. Львів : ЛДУБЖД, 2020. 361 с.
3. Зачко І. Г., Кобилкін Д. С., Зачко О. Б. Гібридні технології управління інфраструктурними проектами та програмами : монографія. Львів : СПОЛОМ, 2022. 266 с.
4. Tryhuba, A. M., Ratushny, R. T., Koval, L. S., Ratushnyi, A. R. (2025). Optimized model for predicting the availability of objects based on deep learning and geospatial features. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 4. 154–171. DOI: 10.15588/1607-3274-2025-4-14.
5. Kovalchuk, O., Kobylkin, D., Zachko, O. (2023). 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. 149–159.

МЕТОДОЛОГІЯ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЦІННІСТЮ БЕЗПЕКОВИХ ПРОЄКТІВ НА ЗАСАДАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ HRM ТА РЕСУРСНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Ковальчук О. І., PhD,

Ратушний Р. Т., д.т.н., професор

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сучасний етап реформування територіальних систем безпеки (ТСБ) в Україні характеризується недостатньою ефективністю через відсутність системного оцінювання цінності проєктів та ігнорування динаміки проєктного середовища на етапі планування. Особливо критичною є ситуація в сільських громадах та на територіях післявоєнного відновлення, де значне віддалення від рятувальних підрозділів зумовлює високі ризики для життя населення.

Для підвищення ефективності реформ пропонується методологія портфельно-гібридного управління. Безпеківі проєкти розглядаються як складні організаційно-технічні системи, що функціонують на трьох рівнях: громадському, регіональному та державному. Ключовим елементом оцінювання є моделювання гібридних проєктів (ГП), що дозволяє прогнозувати показники цінності ще до початку реалізації. Стратегічне управління цінністю базується на синергії чотирьох складників: базової, додаткової, доданої та системної цінностей.

Цифровізація HRM у системах безпеки передбачає впровадження інтелектуальних систем оцінювання компетенцій рятувальників за стандартами IPMA ICB 4.0 та використання нейромережових моделей для прогнозування доступності добровольців у динамічному середовищі. Це забезпечує гармонізацію процесу підготовки фахівців із реальними потребами громад. Оптимізація ресурсного менеджменту здійснюється засобами ГІС на базі OpenStreetMap. Алгоритми оптимізації дозволяють враховувати топографію та стан інфраструктури для раціонального розміщення пожежно-рятувальних підрозділів (ПРФ), забезпечуючи регламентований час прибуття. Використання сучасних ERP-систем та методів обчислювального інтелекту забезпечує моніторинг ресурсів у режимі реального часу.

Впровадження запропонованої методології дозволяє трансформувати реформування ТСБ у науково обґрунтовану стратегію створення максимальної цінності для суспільства, мінімізуючи ризики за обмежених фінансових ресурсів. Цифровізація ресурсного менеджменту відіграє критичну роль у розвитку та безпеці сільських територіальних громад (ОТГ), які часто є найбільш вразливими через віддаленість від центрів надання допомоги та обмеженість фінансових ресурсів. Використання геоінформаційних систем (ГІС) на базі OpenStreetMap дозволяє громадам раціонально планувати розташування пожежно-рятувальних підрозділів. Це забезпечує дотримання нормативного 20-хвилинного часу прибуття рятувальників до віддалених населених пунктів, що критично важливо для збереження життя людей. Впровадження цифрових технологій при плануванні відновлення інфраструктури дозволяє сільським громадам знизити витрати на 10–20 % та зменшити ризик помилок при проєктуванні на 20 %.

Використання ERP-систем (таких як SAP або Microsoft Dynamics) забезпечує моніторинг і раціональний розподіл спільних ресурсів (техніки, палива, обладнання) у режимі реального часу. Це дозволяє уникати надмірного дублювання ресурсів та забезпечує їх наявність там, де вони найбільше потрібні. Сільські громади часто покладаються на рятувальників-добровольців. Цифровізація HRM дозволяє прогнозувати доступність добровольців у конкретних населених пунктах за допомогою методів глибокого навчання, що підвищує оперативність реагування у динамічному

середовищі. Цифрові інструменти допомагають громадам ідентифікувати найбільш пріоритетні проекти розвитку (наприклад, будівництво амбулаторій чи реконструкцію лікарень), які принесуть максимальну вигоду для мешканців при оптимальних витратах. Діджиталізація адміністративного управління та впровадження «смарт-спеціалізації» допомагають сільським громадам розвивати аграрний бізнес, залучати інвестиції та створювати нові робочі місця.

Цифрова трансформація процесів HRM у безпековій сфері базується на впровадженні інтелектуально-ціннісного підходу, який передбачає використання технологій інтелектуального аналізу великих даних (Big Data) для прийняття управлінських рішень. В основі цього підходу лежить застосування методів машинного навчання та штучних нейронних мереж для прогнозування доступності рятувальників-добровольців у територіальних громадах. Це дозволяє не лише автоматизувати формування проектних команд, а й об'єктивно оцінювати компетенції фахівців відповідно до міжнародних стандартів, таких як IPMA ICB 4.0, інтегруючи «м'які» навички (soft skills) у технічні алгоритми управління. Такий підхід забезпечує гармонізацію підготовки кадрів із реальними потребами безпекової системи, перетворюючи HRM на проактивний інструмент стратегічного розвитку.

Управління матеріально-технічними ресурсами в проектах розвитку ТСБ потребує інтеграції просторових даних у реальному часі. Використання аналітичного інструментарію на основі фреймворку OpenStreetMap (OSM) дозволяє узгоджувати дислокацію пожежно-рятувальних формувань із мінливою конфігурацією проектного середовища, враховуючи топографію місцевості та стан транспортної інфраструктури. Цифрове моделювання зон доступності об'єктів забезпечує мінімізацію часу реагування на надзвичайні ситуації та раціональне планування спільних ресурсів між державним та громадським рівнями безпеки. Впровадження таких ГІС-рішень у програмах післявоєнного відновлення дозволяє знизити витрати на розбудову інфраструктури на 10–20 % та суттєво зменшити ризики проектних помилок.

Сучасні безпекові проекти реалізуються в умовах управлінської турбулентності (BANI-світ), що характеризується нелінійністю та непередбачуваністю. За таких умов традиційного контролю «залізного трикутника» (час, бюджет, якість) недостатньо – успіх проекту визначається його системною цінністю. Системна цінність виникає як емерджентний ефект завдяки цілісному управлінню портфелем, що дозволяє отримувати синергію від взаємодії проектів різних ієрархічних рівнів. Важливим елементом управління стає механізм Sensemaking (колективне створення значень), який допомагає командам адаптуватися до змін у режимі реального часу та забезпечувати сталий розвиток громад навіть за критичної обмеженості ресурсів. Балансування інтересів ключових стейкхолдерів – держави, бізнесу та населення – стає основою для формування ефективної архітектури безпекових портфелів.

Таким чином, цифровізація перетворює управління ресурсами сільських громад із реактивного процесу на проактивну стратегію, що дозволяє мінімізувати збитки від надзвичайних ситуацій та забезпечує сталий розвиток територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тригуба А. М., Ратушний Р. Т., Ратушний А. Р., Коваль Л. С., Івануса А. І. Оптимізація безпекової інфраструктури у програмах післявоєнного відновлення з використанням сучасних геоінформаційних систем. Вісник ЛДУБЖД. 2025. № 31. DOI: 10.32447/20784643.31.2025.20

2. Ратушний Р. Т. Методологія портфельно-гібридного управління розвитком територіальних систем безпеки : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.22. Львів : ЛДУБЖД, 2020. 361 с.

3. Зачко І. Г., Кобилкін Д. С., Зачко О. Б. Гібридні технології управління інфраструктурними проектами та програмами: монографія. Львів : СПОЛОМ, 2022. 266 с.
4. Tryhuba, A. M., Ratushny, R. T., Koval, L. S., Ratushnyi, A. R. (2025). Optimized model for predicting the availability of objects based on deep learning and geospatial features. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 4. 154–171. DOI: 10.15588/1607-3274-2025-4-14
5. Зачко О., Матківська Н. Цифровізація HR-процесів у підрозділах цивільного захисту. *Вісник ЛДУБЖД*. 2023. № 28. С. 24–29.
6. Kovalchuk, O., Kobylnik, D., Zachko, O. (2023). 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. 149–159.

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОЯСІВ ПОЖЕЖНИХ РЯТУВАЛЬНИХ У СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Кравченко Ю. П.¹, к.екон.н., доцент,

Павлюк Ю. Е.², к.т.н., доцент

¹Інститут наукових досліджень з цивільного захисту

Національного університету цивільного захисту,

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У сучасних умовах зростання техногенних та воєнних загроз підвищуються вимоги до ефективності функціонування системи цивільного захисту. Одним із ключових чинників забезпечення безпеки особового складу підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС) є належний технічний стан засобів індивідуального захисту, зокрема поясів пожежних рятувальних, що застосовуються під час робіт на висоті, евакуації постраждалих та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. У зв'язку з цим, актуальним є впровадження системного моніторингу їх відповідності та управління їх якістю на основі ризик-орієнтованого підходу.

Опитування практичних підрозділів системи ДСНС щодо експлуатації поясів пожежних рятувальних засвідчило, що основними ризиками є: втрата міцності матеріалів унаслідок зношування, корозії металевих деталей, впливу агресивних середовищ, температурних коливань, ультрафіолетового випромінювання, а також людського фактора приховані дефекти з'єднувальних елементів, перевищення нормативного строку служби, недотримання умов зберігання, а також використання виробів без належного підтвердження відповідності. Зазначені фактори можуть призводити до відмови спорядження під час виконання службових завдань і створювати загрозу життю та здоров'ю пожежних-рятувальників.

У зв'язку з цим, запропоновано впровадження ризик-орієнтованого підходу до моніторингу технічного стану поясів пожежних рятувальних. Такий підхід передбачає систематичну ідентифікацію потенційних небезпек, аналіз умов експлуатації, оцінювання ймовірності виникнення відмов та визначення тяжкості можливих наслідків для пожежних-рятувальників. Ризик-орієнтований моніторинг передбачає: ідентифікацію потенційних небезпек на етапах закупівлі, введення в експлуатацію та використання; оцінювання ймовірності відмови та тяжкості можливих наслідків; класифікацію ризиків за рівнями допустимості; визначення управлінських заходів реагування.

Міжнародна практика свідчить про об'єктивну потребу приведення національної системи нормативного регулювання вимог до засобів індивідуального захисту у відповідність до європейських стандартів. Гармонізація вимог дозволить забезпечити уніфікацію технічних характеристик, підвищення рівня безпеки та взаємну сумісність спорядження. Водночас, актуальним є поступовий перехід до використання сучасних, ергономічних і функціонально вдосконалених засобів індивідуального захисту, що відповідають реальним умовам експлуатації під час реагування на надзвичайні ситуації. Не менш важливим напрямом є впровадження системного, безперервного та технологічно оснащеного контролю якості на всіх етапах життєвого циклу пожежних рятувальних поясів – від процедури закупівлі й первинної перевірки до періодичних випробувань та списання.

В першу чергу доцільно оновити національну нормативну базу з метою запровадження професійно-спеціалізованої класифікації пожежних рятувальних поясів, гармонізовану з європейськими підходами до стандартизації та оцінки відповідності,

міжнародного досвіду, принципів ризик-орієнтованого управління та специфіки діяльності підрозділів цивільного захисту.

Показники якості (міцність несучих елементів, стійкість до динамічних навантажень, довговічність матеріалів, надійність з'єднувальних вузлів, ергономічні характеристики та інформативність маркування) формують науково-методичну основу для подальшого вдосконалення стандартів, оптимізації конструктивних рішень та модернізації методів випробувань. Саме тому пропонується методи випробування пожежних поясів рятувальних доповнити новими методиками: визначення поперечної жорсткості поясового паска на трьох зразках поясового паска довжиною 100 ± 5 мм; перевірка міцності поясового паска після дії гарячого предмета враховуючи практичні умови застосування таких пасків за дії підвищених температур; визначення антикорозійного гальванічного покриття металевих деталей (в камері соляного туману відповідно до ДСТУ ISO 9227:2015). Крім того, під час випробування поясів на стійкість до дії динамічної навантаги і визначення максимального зусилля в момент динамічного ривка пояс пропонується одягати на манекен тулуба, а не на циліндр з метою наближення випробувань до реальних умов застосування поясу.

Отже, управління якістю поясів пожежних рятувальних доцільно здійснювати за такими напрямками: вхідний контроль продукції (перевірка сертифікатів відповідності, маркування, комплектності); періодичні випробування на міцність та стійкість до динамічних навантажень; експлуатаційний контроль; своєчасне вилучення виробів, що не відповідають встановленим вимогам. Важливим елементом є цифровізація обліку засобів індивідуального захисту з формуванням електронної бази даних щодо дати введення в експлуатацію, результатів перевірок та залишкового ресурсу.

Впровадження ризик-орієнтованого моніторингу сприятиме підвищенню прозорості процедур оцінки відповідності, удосконаленню внутрішнього контролю в підрозділах цивільного захисту та формуванню єдиної системи управління якістю засобів індивідуального захисту. Це забезпечить підвищення рівня безпеки особового складу та стійкості функціонування підрозділів під час реагування на надзвичайні ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технічний регламент засобів індивідуального захисту : Постанова Кабінету Міністрів України від 21.08.2019 № 771.
2. ДСТУ EN 365:2001 Індивідуальне спорядження для захисту від падіння з висоти. Загальні вимоги.
3. DIN 14927:2018 Firefighting belts – Requirements and testing.
4. ДСТУ EN 469:2017 Захисний одяг для пожежних. Загальні технічні вимоги та методи випробування.
5. ДСТУ ISO 9227:2015 Випробування на корозію в штучних атмосферах. Випробування соляним туманом.

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА BIG DATA ANALYTICS ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СЦЕНАРІЇВ РОЗВИТКУ КАСКАДНИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Кривешко К. С.,
Степаненко В. О., PhD*

Національного університету цивільного захисту України

Зміна безпекового середовища в Україні, зумовлена наслідками військової агресії, вимагає від органів цивільного захисту впровадження нових методів оперативного аналізу.

Найбільшу загрозу для стабільності національної економіки та безпеки громадян становлять каскадні надзвичайні ситуації. Це складні процеси, де деструктивний вплив на один елемент критичної інфраструктури, а також об'єктів підвищеної небезпеки викликає серію послідовних відмов у суміжних системах, створюючи «ефект доміно». Традиційні лінійні моделі прогнозування сьогодні не можуть цілковито відобразити складність таких взаємозв'язків. У цьому контексті використання інструментів штучного інтелекту та аналітики даних стає фундаментом для побудови активної системи захисту, здатної мінімізувати масштаби катастроф, ще до моменту їх повного розгортання.

Феномен каскадності у сфері техногенної безпеки полягає у функціональній взаємозалежності об'єктів життєзабезпечення. Наприклад, пошкодження енергетичного вузла внаслідок обстрілу чи аварії автоматично спричиняє критичні збої у системах централізованого водопостачання, зв'язку та логістики, що ускладнює роботу надзвичайних служб.

Для ефективного управління такими ризиками необхідно оперувати величезною кількістю вхідної інформації, що включають вимірювання об'єктів промисловості, дані супутникового моніторингу, метеорологічні показники та стан завантаженості транспортних мереж.

Технології big data analytics дозволяють об'єднати ці розрізнені джерела у єдиний інформаційний простір [1]. Основним інструментом аналізу тут виступають інтелектуальні алгоритми, зокрема графові нейронні мережі. Вони дозволяють моделювати інфраструктуру як динамічний граф, де кожне підприємство чи мережа є вузлом, а ребра відображають логістичні та ресурсні зв'язки між ними. Таке моделювання дає змогу визначити рівень критичності кожного об'єкта на основі ймовірності виходу з ладу та коефіцієнта його впливу на стійкість усієї системи.

Замість статичних розрахунків, штучний інтелект проводить багаторазове симуляційне моделювання, виявляючи найбільш вразливі ланки, руйнування яких може призвести до системного колапсу.

Особливе місце в сучасних системах моніторингу ДСНС посідає виявлення слабких сигналів. Це специфічні аномалії у великих масивах даних, які людське око чи звичайна програма не здатні ідентифікувати як загрозу. Проте навчена програма може розпізнати в цих відхиленнях підготовку каскадного сценарію. Наприклад, незначне падіння напруги в мережі у поєднанні зі зміною температури на промисловому сховищі може бути розцінено системою як висока імовірність виникнення вторинної пожежі чи витоку небезпечних речовин [2].

Інтеграція штучного інтелекту в системи підтримки прийняття рішень дозволяє оперативно-рятувальним службам перейти до варіативного планування. У разі виникнення реальної надзвичайної ситуації система миттєво генерує прогностичні сценарії розвитку подій. Це дозволяє керівництву ДСНС розподіляти ресурси не лише на

ліквідацію існуючого осередку небезпеки, а й на превентивний захист тих об'єктів, які за прогнозом потраплять під удар наступними. Таким чином, час «золотої години» використовується максимально ефективно, а підрозділи діють на випередження.

Додатковою перевагою використання інтелектуальних систем є обробка неструктурованих даних із соціальних мереж та відкритих медіа-джерел за допомогою алгоритмів обробки природної мови.

В умовах інформаційного хаосу під час катастроф це дозволяє верифікувати реальний стан справ у зоні лиха, визначити локалізацію потерпілих та об'єктивно оцінювати масштаби руйнувань ще до прибуття перших підрозділів. Однак впровадження таких інновацій потребує створення захищеної цифрової інфраструктури, здатної протистояти кіберзагрозам, та постійного оновлення баз даних для навчання нейронних мереж на основі новітнього досвіду ліквідації НС.

Важливим аспектом впровадження технологій штучного інтелекту є їх адаптивність до змінних умов функціонування систем цивільного захисту. На відміну від традиційних алгоритмів, сучасні моделі машинного навчання здатні самонавчатися на основі нових даних, що надходять у режимі реального часу. Це дозволяє системам прогнозування постійно вдосконалювати точність оцінки ризиків і швидко реагувати на нові типи загроз, зокрема ті, що раніше не фіксувалися у практиці ліквідації надзвичайних ситуацій.

Крім того, перспективним напрямом є інтеграція штучного інтелекту з геоінформаційними системами (GIS), що дає змогу візуалізувати розвиток каскадних процесів у просторі та часі. Таке поєднання забезпечує більш наочне представлення даних для керівників підрозділів ДСНС, сприяє підвищенню якості прийняття управлінських рішень та оптимізації маршрутів реагування. У результаті досягається скорочення часу реагування, зменшення людських і матеріальних втрат та підвищення загальної ефективності системи цивільного захисту.

Отже, можна зробити висновок, що застосування штучного інтелекту та Big Data Analytics є ключовою складовою модернізації системи цивільного захисту. Прогнозування каскадних ефектів дозволяє трансформувати стратегію підрозділів ДСНС із базової ліквідації наслідків у проактивне запобігання системним кризам. Впровадження інтелектуального моніторингу не лише підвищує рівень збереження об'єктів підвищеної небезпеки та критичної інфраструктури, а й забезпечує надійний захист населення в умовах техногенних та воєнних ризиків, роблячи систему безпеки держави більш гнучкою та стійкою до непередбачуваних викликів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Schmidt, B. L. (2022). Big Data in Emergency Management: Exploiting the Value of Data. *International Journal of Disaster Risk Science*. 13. 112–125.
2. Телелим В. М., Приходько Ю. І. Системний аналіз та моделювання процесів у цивільному захисті : підручник. Київ : НУЦЗУ, 2021. 318 с.

ЗВУКОВІ ІНСТРУМЕНТИ ОПЕРАТИВНОГО ОПОВІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ МИКОЛАЄВА: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

*Куренін В. М., к.екоп.н., доцент
Миколаївський національний аграрний університет*

Оповіщення населення про загрози воєнного часу є ключовим елементом системи захисту громадян у місті Миколаєві. Воно забезпечує своєчасне інформування населення міста, що сприяє мінімізації загроз життю та здоров'ю населення, а також збереженню матеріальних цінностей.

Система оповіщення населення, що функціонує на території міста Миколаєва, має тривалу історію експлуатації, оскільки була встановлена понад вісімдесят років тому. Незважаючи на значний строк використання, вона продовжує виконувати критично важливі функції в забезпеченні інформування населення про загрози та надзвичайні ситуації. Основне призначення цієї системи полягає у прийманні сигналів оповіщення від державних та спеціалізованих систем, їх оперативній обробці та подальшому переданні у розрізі адміністративних районів міста. Така централізована модель управління дозволяє забезпечити узгодженість дій та одномоментність [1, с. 129].

Структурною основою системи є механізми акустичного сповіщення, що включають 99 сирен та сигнально-гучномовних пристроїв, інтегрованих до територіальної мережі. Ці технічні засоби забезпечують формування та трансляцію попереджувального звукового сигналу, який може бути почутий значною частиною населення. Завдяки наявності централізованого запису стандартного бужку система забезпечує достатній рівень охоплення та своєчасності привернення уваги громадян у разі виникнення небезпеки.

Крім традиційного акустичного оповіщення, важливою складовою інфраструктури є інтеграція радіомовлення [2, с. 83]. До системи під'єднані чотири FM-радіостанції, які виконують функцію оперативної трансляції інформаційних повідомлень щодо характеру загроз, можливих наслідків та рекомендованих дій для населення. Використання FM-діапазону є важливим елементом дублювання та резервування каналів оповіщення, що підвищує захищеність населення від загроз воєнного характеру.

Паралельно з традиційними засобами дедалі більшого значення набувають цифрові канали повідомлення [3, с. 685]. Одним із ключових інструментів сучасного етапу функціонування системи є мобільне застосування «Тривога», через яке мешканці міста отримують оперативні сповіщення про повітряну тривогу та інші загрози. Інтеграція мобільного інформування значно розширює охоплення населення та забезпечує швидке доведення критичної інформації до користувачів незалежно від їх місця.

Протягом 2025 року управління з питань цивільної захисту населення здійснює поетапну модернізацію міської системи оповіщення, спрямовану на її цифровізацію та підвищення функціональної надійності. Ключовим напрямком оновлення є впровадження сучасного цифрового обладнання, що має замінити застарілі технічні компоненти та забезпечити повну автоматизацію окремих процесів, які раніше вимагали безпосередньої участі персоналу. На кінець 2025 року завершено розроблення проєктно-кошторисної документації, яка визначає технічні параметри, обсяг робіт і фінансові потреби модернізації.

Заплановані технологічні нововведення спрямовані не лише на покращення оперативності доведення сигналів, а й на підвищення стійкості системи до критичних умов, зокрема забезпечення функціонування сирен за відсутності централізованого

електропостачання. Це дозволить істотно зміцнити надійність системи оповіщення та гарантувати її безперервну роботу в надзвичайних ситуаціях, що є необхідною умовою ефективної захисту населення.

У періоди відключення електропостачання на території міста Миколаєва та Миколаївської області виникають перебої у функціонуванні станційних елементів системи оповіщення, зокрема вуличних гучномовців, що ускладнює доведення сигналу «Повітряна тривога» до населення. У таких умовах рятувальні підрозділи Головного управління ДСНС України у Миколаївській області тимчасово виконують функції мобільного оповіщення. Для забезпечення інформування громадян про потенційну небезпеку вони здійснюють трансляцію відповідних сигналів за допомогою гучномовців, встановлених на спеціалізованому транспорті. Такий підхід дозволяє частково компенсувати обмеження стаціонарної системи в умовах блекауту та підтримувати мінімально необхідний рівень оперативного попередження населення про загрози.

Аналіз сучасного стану системи оповіщення населення у місті Миколаєві свідчить про необхідність її послідовного технологічного оновлення. Попри тривалу експлуатацію, система зберігає функціональність, однак обмежена за технічними можливостями та ступенем автоматизації. Заплановані заходи модернізації є своєчасними та відповідають сучасним вимогам цивільної захисту. Подальший розвиток системи має передбачати розширення цифрових каналів комунікації, інтеграцію платформ масових сповіщень, створення резервних каналів зв'язку, удосконалення алгоритмів автоматичного запуску сигналів, а також підвищення рівня кіберзахисту інфраструктури [4, с. 472]. Комплексне впровадження цих напрямів сприятиме формуванню більш надійної, технологічно гнучкої та стійкої до зовнішніх впливів системи оповіщення, що є критично важливим для забезпечення безпеки населення в умовах сучасних ризиків та загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В. С. Взаємодія місцевих органів влади та засобів масової інформації як фактор реалізації інформаційної політики при надзвичайних ситуаціях. *Modern Economics*. 2025. № 49(2025). С. 124–132. DOI: 10.31521/modecon.V49(2025)-17.
2. Курепін В. М., Сухорукова А. Л. Менеджмент функціонування вітчизняного медіа в кризовій економіці воєнного періоду: тенденції та прогнози. *Modern Economics*. 2025. № 52(2025). С. 81–88. DOI: 10.31521/modecon.V52(2025)-12.
3. Іваненко В. С. Взаємодія органів державної влади і засобів масової інформації: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Економіко-правові аспекти господарювання: сучасний стан, ефективність та перспективи». Одеса: ОНЕУ, 2025. С. 684–686. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jsui/handle/123456789/22547>
4. Самойленко О. О., Бацуровська І. В., Курепін В. М. Кібергігієна та безпека життєдіяльності як ключові елементи цифрової компетентності здобувачів освіти. *Національні інтереси України*. 2025. № 11(16). С. 461–477. DOI: 10.52058/3041-1793-2025-11(16)-461-476.

ІНТЕГРОВАНІЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ

*Кустов М. В., д.т.н., професор,
Курило А. Г., PhD*

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні воєнні дії принципово трансформують систему техногенних і пожежних ризиків об'єктів критичної інфраструктури. На відміну від умов мирного часу, коли ризик визначається як функція імовірності аварії та тяжкості її наслідків, у період збройного конфлікту формується додатковий системоутворюючий фактор – цілеспрямований воєнний вплив. Його специфіка полягає у нерівномірності просторового розподілу, стохастичності реалізації, повторюваності уражень та здатності ініціювати каскадні аварійні процеси.

Об'єкти критичної інфраструктури (енергетичні комплекси, нафтобази, хімічні виробництва, транспортні вузли, об'єкти життєзабезпечення населення) у воєнний період стають потенційними цілями ураження. Наслідками можуть бути вибухи, масштабні пожежі, токсичні викиди, руйнування інженерних мереж та тривалі соціально – економічні втрати. Таким чином, традиційні методики оцінки ризику потребують адаптації до умов підвищеної зовнішньої загрози.

У межах запропонованого підходу інтегральний техногенний та пожежний ризик об'єкта в умовах воєнних дій пропонується визначати як:

$$R = P_w(t) \cdot V \cdot S \cdot (1 - E), \quad (1)$$

де $P_w(t)$ – імовірність реалізації воєнного впливу в момент часу t ; V – інтегральний показник вразливості об'єкта; S – тяжкість можливих наслідків аварії; E – ефективність наявних інженерних та організаційних заходів захисту.

Запропонована мультиплікативна структура зберігає фізичний зміст складових: зростання ймовірності воєнного ураження або вразливості прямо пропорційно підвищує ризик, тоді як ефективність захисту його зменшує [1].

Імовірність воєнного впливу $P_w(t)$ може розглядатися як стохастичний параметр, що залежить від інтенсивності бойових дій у регіоні, стратегічної значущості об'єкта та його просторового розташування. У спрощеній формі її доцільно пов'язувати з інтенсивністю подій λ у межах пуассонівського процесу, що дозволяє врахувати випадковий характер атак та їх часову динаміку.

Інтегральний показник вразливості доцільно декомпозувати на окремі складові:

$$V = \sum_{i=1}^n w_i V_i, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad (2)$$

де V_i – часткові компоненти вразливості (фізична, інфраструктурна, організаційна, технологічна); w_i – вагові коефіцієнти значущості відповідних складових.

Фізична вразливість характеризує стійкість конструкцій та технологічного обладнання до вибухових і теплових навантажень. Інфраструктурна складова відображає залежність об'єкта від зовнішніх джерел енергопостачання, водопостачання та логістики.

Організаційна вразливість визначається рівнем підготовки персоналу та здатністю до дій в умовах надзвичайної ситуації.

Тяжкість наслідків S доцільно оцінювати з урахуванням людських втрат, економічних збитків та екологічної шкоди. У воєнний період її значення зростає через можливість повторних уражень, обмеження ресурсів реагування та порушення транспортної інфраструктури.

$$R = \sum_{j=1}^m P_j C_j, \quad (3)$$

де P_j – імовірність реалізації j – го сценарію розвитку аварії; C_j – величина наслідків відповідного сценарію [2].

Такий підхід дозволяє врахувати каскадний характер аварій, коли первинне воєнне ураження ініціює послідовність умовних подій: відмову інженерних бар'єрів, втрату енергопостачання, затримку реагування, поширення пожежі на суміжні об'єкти, порушення роботи систем контролю та зв'язку, а також вторинні вибухи або викиди небезпечних речовин. У подібних умовах навіть локальне пошкодження окремого елемента може спричинити системну дестабілізацію об'єкта через взаємозалежність його функціональних підсистем, що формує ефект «доміно» та багаторівневу ескалацію наслідків.

Практичне значення запропонованого підходу полягає у можливості ранжування об'єктів критичної інфраструктури за рівнем ризику, визначення пріоритетів інженерного захисту та оптимізації розподілу ресурсів системи цивільного захисту. Модульна структура алгоритму забезпечує його адаптивність до різних типів об'єктів та можливість оперативного коригування параметрів у разі зміни воєнної обстановки [3].

Таким чином, інтеграція воєнного чинника у формалізовану модель техногенних і пожежних ризиків дозволяє перейти від статичної нормативної оцінки до адаптивної системи управління безпекою об'єктів критичної інфраструктури. Запропонований підхід поєднує стохастичне моделювання воєнного впливу, структурну декомпозицію вразливості, сценарний аналіз наслідків та оцінку ефективності захисних заходів у межах єдиної аналітичної схеми, що відповідає сучасним викликам безпеки в умовах воєнних дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bernatik, A., Rehak, D., Cozzani, V., Foltin, P., Valasek, J., Paulus, F. (2021). Integrated environmental risk assessment of major accidents in the transport of hazardous substances. *Sustainability*. 13. 21. 11993. DOI: 10.3390/su132111993.
2. Cimellaro, G. P., Renschler, C., Reinhorn, A. M., Arendt, L. (2016). Resilience of critical infrastructure against extreme events: The role of recovery and adaptive capacity. *Journal of Infrastructure Systems*. 22. 4. 04016007. DOI: 10.1061/(ASCE)IS.1943 – 555X.0000294.
3. Курило А. Г., Кустов М. В., Зімін С. І., Губенко А. О. Моделювання ризиків каскадних аварій на залізничному транспорті в умовах війни. Збірник наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». Черкаси: НУЦЗ України, 2025. № 2 (42). С. 123–137.

НАПРЯМИ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕХАНІЗМІВ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Лазіс М. І.

Миколаївський національний аграрний університет

Повномасштабна військова агресія проти України стала надзвичайно серйозним випробуванням для суб'єктів публічного управління, зокрема органів місцевого самоврядування. У цих умовах вони опинилися перед якісно новими викликами гібридної війни, що вимагали оперативного ухвалення рішень критичного значення у ситуації підвищеної невизначеності, дефіциту ресурсів та масштабних руйнувань цивільної та критичної інфраструктури.

Воєнні дії супроводжувалися істотним зростанням кількості та масштабів техногенних надзвичайних ситуацій, формуванням гуманітарних криз, а також посиленням загроз для життя та здоров'я цивільного населення. Незважаючи на екстремальний характер виниклих ситуацій і безпрецедентність агресивних дій, національна система публічного управління продемонструвала значний рівень стійкості та здатності до адаптації. Органи державної влади місцевого самоврядування забезпечили узгодженість та результативність реагування на найбільш гострі кризові прояви [1, с. 267]. Водночас досвід першого року широкомасштабної війни виявив ряд системних проблем у сфері антикризового управління, що потребують подальшого теоретичного осмислення та інституційного удосконалення.

Виявлені проблеми охоплюють недосконалість координаційних дій між міжвідомчими структурами, недостатню інтеграцію державних та місцевих структур цивільної захисту, а також дефіцит підготовлених фахівців, спроможних забезпечувати життєдіяльність населення в умовах воєнного стану. До них додаються обмеженість сучасного технічного оснащення ситуаційних центрів та аналітичних підрозділів, а також відсутність уніфікованих протоколів кризового реагування та комунікації. Ґрунтовний аналіз зазначених викликів та розроблення механізмів їх подолання є ключовими передумовами подальшого удосконалення системи публічного управління у сфері цивільної безпеки в умовах тривалих бойових дій та у період післявоєнного відновлення держави.

Значним викликом стала надмірна централізація процесів прийняття рішень та розподілу ресурсів. Незважаючи на задекларований принцип субсидіарності, суттєва частина повноважень у сфері безпеки фактично зосереджена на рівні центральних органів влади [2, с. 146]. Це виявляється, зокрема, у ухваленні рішень щодо організації системи цивільної захисту на рівні областей та територіальних громад без належного урахування їх локальних особливостей. Механізми фінансування заходів із ліквідації наслідків бойових дій та надзвичайних ситуацій також відзначаються недостатньою гнучкістю, оскільки основні фінансові ресурси акумулюються у державному бюджеті.

Такі умови обмежують спроможність органів місцевого самоврядування самостійно визначати пріоритети у сфері безпеки життєдіяльності, оперативно спрямовувати необхідні ресурси та залучати додаткові джерела фінансування. При цьому саме місцевий рівень несе основний тягар оперативного реагування на наслідки ракетних ударів та бойових дій.

Одним із ключових системних викликів залишається фрагментарний рівень координації між суб'єктами цивільної захисту на всіх управлінських рівнях. Формування ефективної Єдиної державної системи цивільної захисту досі не завершено, що унеможливорює повноцінну інтеграцію ресурсів центральних органів виконавчої влади,

місцевого самоврядування, об'єднаних територіальних громад, приватного сектору та інститутів громадянського суспільства. Наявна модель функціонує переважно в межах галузевої ланки, коли окремі міністерства та відомства відповідають виключно за власні напрямки діяльності, тоді як реальні інструменти міжвідомчої координації та горизонтальної взаємодії фактично відсутні.

Суттєвими залишаються проблеми комунікації органів державної влади із громадськістю в кризових ситуаціях. Були випадки офіційних повідомлень, які характеризувалися нечіткістю, фрагментарністю або суперечливістю [3, с. 86], що ускладнювало формування у населення адекватного розуміння алгоритмів поведінки через різні типи загроз. На початковому етапі повномасштабної війни розгалужені дії та не своєчасні й погоджені роз'яснення сприяли виникненню панічних настроїв серед населення та поширенню дезінформації, оскільки було відсутнє єдине авторитетне джерело оперативної та достовірної інформації.

Додатковим викликом є недостатнє залучення органів громадянського суспільства, волонтерських та гуманітарних структур до комунікаційних процесів [4, с. 258], що обмежує можливість формування комплексної системи інформування та підвищення рівня безпеки громадян.

Отже, стратегія оптимізації механізмів публічного управління у сфері цивільного захисту під час воєнного стану має ґрунтуватися на системному підході, спрямованому на зміцнення інституційної взаємодії, розширення можливостей локального рівня, підвищення якості управлінських рішень та створення високоефективної інфраструктури безпеки. Саме такий комплексний підхід забезпечує здатність держави та громад функціонувати стабільно та гарантовано захищати населення в умовах триваючих воєнних загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В. С., Курепін В. М. Реалізація заходів цивільного захисту у реформах місцевого самоврядування: матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції». Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 265–268. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15758>
2. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв: МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>
3. Курепін В. М., Сухорукова А. Л. Менеджмент функціонування вітчизняного медіа в кризовій економіці воєнного періоду: тенденції та прогнози. *Modern Economics*. 2025. № 52(2025). С. 81–88. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V52\(2025\)-12](https://doi.org/10.31521/modecon.V52(2025)-12)
4. Курепін В. М., Самойленко О. О., Бацуровська І. В. Кібергігієна цифрового освітнього середовища як складова системи безпеки праці та життєдіяльності. Суспільство та національні інтереси: журнал. 2025. № 11(19). С. 255–268. DOI: 10.52058/3041-1572-2025-11(19)-255-267

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗМІЩЕННЯ УКРИТТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Мельник І. В.

Національний університет цивільного захисту України

Актуальність дослідження зумовлена тим, що сучасне міське середовище характеризується високою щільністю забудови, значною концентрацією населення та ускладненою транспортно-планувальною структурою. За таких умов ефективність заходів пожежної профілактики та цивільного захисту значною мірою залежить від повноти інформації про розміщення захисних споруд, їх технічний стан, місткість і доступність для населення. Використання цифрових карт укриттів у геоінформаційному середовищі дає змогу поєднати ці відомості в єдиній аналітичній системі та перейти від фрагментарного обліку об'єктів до просторово обґрунтованого планування профілактичних заходів [1–4].

Аналіз публікацій свідчить, що геоінформаційні технології широко застосовують для оцінювання пожежних ризиків, просторового аналізу міської інфраструктури та планування маршрутів евакуації [3]. Разом із тим питання використання цифрових карт укриттів саме як інструменту пожежно-профілактичного планування міського середовища розкрито недостатньо. У наявних дослідженнях переважає або загальний опис інформаційних сервісів, або аналіз окремих аспектів доступності укриттів без формування цілісної аналітичної моделі підтримки управлінських рішень [1, 2, 4].

Метою роботи є обґрунтування підходу до використання цифрових карт укриттів для вирішення завдань пожежної профілактики у місті та формування узагальненого аналітичного профілю укриття, придатного для ранжування об'єктів за пріоритетністю перевірок, утримання і модернізації [4]. Для досягнення поставленої мети застосовано методи просторового та мережевого аналізу у геоінформаційному середовищі на основі відомостей державних і міських інформаційних ресурсів про фонд захисних споруд [1, 2], а також наукових підходів до оцінювання пожежних ризиків у міському просторі [3].

Методичний підхід передбачає: побудову зон пішої доступності до укриттів; виявлення територій із недостатнім рівнем покриття; урахування бар'єрів руху та особливостей транспортної мережі; оцінювання фактичної місткості й режиму доступу до об'єктів; зіставлення просторових характеристик із даними про технічний стан укриттів. На відміну від звичайного довідкового переліку споруд, така модель дозволяє оцінювати не лише наявність укриття, а й реальну можливість його використання населенням у межах нормативно допустимого часу підходу [1–4].

У результаті запропоновано профілактичний профіль укриття, до складу якого доцільно включати координати об'єкта, радіус пішої доступності, розрахункову та фактичну місткість, технічний стан, режим функціонування, доступність підходів і наявність результатів попередніх перевірок. Інтеграція наведених показників в єдину інформаційну модель створює підґрунтя для формування індексу готовності укриття. Застосування такого індексу дає можливість визначати райони з найнижчим рівнем забезпеченості, обґрунтовувати черговість профілактичних обстежень, планувати ремонтні заходи та уточнювати напрями розвитку міської захисної інфраструктури [3, 4].

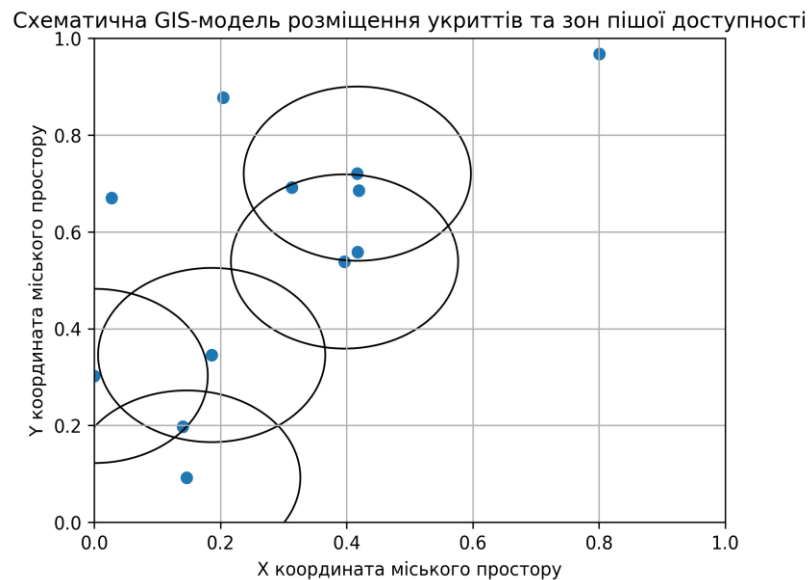


Рисунок 1 – Приклад GIS-моделі розміщення укриттів та зон пішої доступності

На рис. 1 наведено приклад GIS-моделі розміщення укриттів і зон їх пішої доступності. Подібне картографічне подання є зручним інструментом підтримки управлінських рішень, оскільки забезпечує наочне виявлення проблемних територій, де відстань до найближчого укриття, обмеження маршрутів або недостатня місткість об'єктів можуть знижувати ефективність заходів цивільного захисту та пожежної профілактики [1, 2, 4].

Отже, цифрове картографування укриттів у геоінформаційному середовищі доцільно розглядати як дієвий інструмент пожежно-профілактичного планування міського середовища. Запропонований підхід підвищує обґрунтованість управлінських рішень, сприяє виявленню територій із підвищеною уразливістю та створює методичну основу для подальшої інтеграції цифрових карт укриттів із системами моніторингу надзвичайних ситуацій і міськими сервісами оперативного інформування населення [1–4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Положення про інформаційно-комунікаційну систему «Інформаційна система «Облік та візуалізація фонду захисних споруд цивільного захисту»»: наказ МВС України від 10.12.2024 № 824. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-25> (дата звернення: 05.03.2026).

2. Нова послуга в Дії: знаходьте найближче укриття в кілька кліків. URL: <https://diia.gov.ua/news/nova-posluga-v-diyi-znahodte-najblizhche-ukrittya-v-kilka-klikiv> (дата звернення: 05.03.2026).

3. Thakare, K. V., Tajne, K. M. (2025). A Comprehensive Review of Geographic Information Systems (GIS)-Based Methodologies for Urban Fire Risk Assessment. *Cureus Journal of Engineering*. 2. DOI: 10.7759/s44388-024-02916-y

4. Мельник І. В. Цифрові карти укриттів як інструмент пожежної профілактики в міському середовищі. Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Free and Open Source Software (FOSS 2026)». С. 91. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/27945> (дата звернення: 05.03.2026).

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ФОНДУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Михайловська Ю. В., PhD,

Сунко Д. В.,

Національний університет цивільного захисту України

В умовах воєнної агресії проти України питання забезпечення належного функціонування фонду захисних споруд цивільного захисту набуває першочергового значення. Масовані ракетні обстріли, застосування ударних безпілотних літальних апаратів, загрози техногенних аварій об'єктивно підвищують потребу у готовності укриттів до прийому населення. Саме тому організаційно-правове регулювання використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту є важливою складовою державної політики у сфері безпеки.

Правову основу функціонування системи захисних споруд становить Кодекс цивільного захисту України [1], який визначає повноваження органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання та громадян у сфері цивільного захисту. Відповідно до законодавства, фонд захисних споруд цивільного захисту включає сховища, протирадіаційні укриття та найпростіші укриття, що призначені для захисту населення від небезпечних факторів надзвичайних ситуацій, у тому числі воєнного характеру.

Важливим нормативним актом, що конкретизує вимоги щодо використання та обліку захисних споруд, є наказ Міністерства внутрішніх справ України від 09.07.2018 № 579 «Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту» [2]. Документ визначає порядок ведення обліку фонду захисних споруд, вимоги до їх утримання, оцінки технічного стану та готовності до використання за призначенням. Зокрема, встановлюється обов'язок балансоутримувачів забезпечувати належний технічний стан споруд, здійснювати періодичні перевірки, підтримувати інженерні мережі, системи вентиляції, електропостачання та водопостачання у працездатному стані.

Постанова Кабінету Міністрів України від 10.03.2017 № 138 [3] визначає організаційні засади використання захисних споруд та механізми контролю за їх станом. У взаємодії з наказом МВС № 579 вона формує комплексну систему управління фондом укриттів.

Окрім цього у період воєнного стану суттєво зростає необхідність актуалізації облікових даних щодо наявних захисних споруд. Практика показала, що частина укриттів тривалий час використовувалася не за призначенням або перебувала в обмежено придатному стані. Проведені перевірки виявили проблеми технічного характеру: відсутність герметизації, несправність вентиляційних систем, недостатнє забезпечення санітарно-гігієнічних умов, обмежений доступ для маломобільних груп населення.

У зв'язку з цим органами ДСНС спільно з органами місцевого самоврядування проводиться інвентаризація захисних споруд, уточнення їх місткості та технічного стану, визначення обсягів необхідних ремонтних робіт. Відповідно до вимог наказу МВС № 579, здійснюється ведення облікової документації, формування карток обліку та актів оцінки стану готовності [2]. При цьому органи місцевого самоврядування та військові адміністрації мають відігравати провідну роль у системі оповіщення та інформування населення з питань цивільного захисту. Їх діяльність повинна бути спрямована на оперативне доведення офіційної інформації про загрози, порядок дій під час сигналів тривоги, місцезнаходження та стан готовності укриттів, а також доступні види допомоги.

Важливо забезпечувати постійне оновлення даних відповідно до змін оперативної обстановки та рішень органів управління цивільного захисту.

Після проведення інформаційних заходів доцільно здійснювати оцінювання їх результативності – рівня охоплення населення, зрозумілості повідомлень і практичної корисності наданих рекомендацій. За результатами такого моніторингу слід коригувати канали комунікації, формат повідомлень і зміст інструктивних матеріалів, щоб підвищити ефективність взаємодії з громадянами в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану [4].

Особливістю воєнного періоду також є необхідність оперативного приведення споруд у готовність у максимально стислі строки. Це вимагає чіткої координації між балансоутримувачами, місцевими органами влади та підрозділами ДСНС. Важливим напрямом удосконалення управління є цифровізація облікових процесів, створення електронних реєстрів захисних споруд із прив'язкою до геоінформаційних систем. Такий підхід забезпечує оперативний доступ до інформації про місцезнаходження укриттів, їх місткість та стан готовності.

Окрему увагу слід приділяти питанням фінансового забезпечення утримання фонду захисних споруд. Недостатнє фінансування у попередні роки призвело до поступового зниження рівня технічної готовності частини об'єктів. У сучасних умовах держава та органи місцевого самоврядування повинні передбачати відповідні бюджетні видатки на модернізацію, ремонт та дооснащення укриттів. Раціональне використання коштів і контроль за їх цільовим спрямуванням є важливою умовою підвищення рівня захищеності населення.

Особливої уваги потребує питання розподілу відповідальності між органами місцевого самоврядування, балансоутримувачами та органами управління цивільного захисту. Відповідно до вимог нормативних актів, саме балансоутримувачі забезпечують належне технічне утримання споруд, їх ремонт і підтримання у готовності [2]. Органи ДСНС здійснюють контрольні функції, проводять перевірки стану готовності та надають методичну допомогу. Водночас важливим залишається інформаційно-роз'яснювальний компонент. Населення має бути поінформоване про розташування найближчих укриттів, порядок доступу до них, правила перебування під час повітряної тривоги. Формування культури безпеки та відповідального ставлення до захисних споруд сприяє підвищенню ефективності всієї системи цивільного захисту.

Висновок. Використання та облік фонду захисних споруд цивільного захисту в умовах воєнного стану є комплексним завданням, що поєднує правові, організаційні, технічні та фінансові аспекти. Реалізація положень Кодексу цивільного захисту України, наказу МВС № 579 «Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту» та відповідних урядових постанов створює нормативну основу для забезпечення належного рівня готовності укриттів і підвищення безпеки громадян. Подальше вдосконалення системи потребує модернізації матеріально-технічної бази, цифровізації процесів обліку та посилення міжвідомчої координації в умовах тривалих воєнних загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змін. і допов.).
2. Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту : наказ Міністерства внутрішніх справ України від 09.07.2018 № 579, зареєстр. в Міністерстві юстиції України 30.07.2018 за № 879/32331.
3. Деякі питання використання захисних споруд цивільного захисту : Постанова Кабінету Міністрів України від 10.03.2017 № 138.
4. Михайловська Ю. В., Михайловський Ю. І. Інформування населення у період воєнного стану: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Черкаси: НУЦЗУ, 2025. С. 199–200.

ЗАСТОСУВАННЯ АВІАЦІЇ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД

Мосов С. П.¹, д.військ.н., професор,

Чубіна Т. Д.², д.і.н., професор

*¹Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України,*

²Національний університет цивільного захисту України

Одним зі способів отримання інформації для прогнозування, попередження та виявлення надзвичайних ситуацій (НС) є моніторинг, у ході якого здійснюється спостереження за станом природного середовища, критично важливими і потенційно небезпечними об'єктами. Широке застосування авіаційних технологій для моніторингу стану земної поверхні дозволяє отримувати інформацію в різних діапазонах довжин хвиль електромагнітного спектру і своєчасно використовувати її для довготривалих прогнозів.

Отже, завдяки повітряному моніторингу з використанням пілотованої авіації (літаки та гелікоптери) в Швеції за 10 міс. 2022 р. було своєчасно виявлено 105 лісових пожеж. В Австралії для виявлення зон пожеж в інтересах надання оперативної інформації наземним бригадам рятувальників для усунення НС, включаючи картографування пожеж, використовуються пілотовані літаки Beech 200 King Air, оснащені інфрачервоними сканерами. Інфрачервоний сканер забезпечує отримання інформації про місцевість, потоки та дороги через дим, що дозволяє точно визначити краї пожеж, спалені ділянки, а також виявляти джерела вогнищ. У Європі вже кілька років триває використання повітряних засобів спостереження та розвідки (ISR), які колись були прерогативою військових, для відстеження пожеж і виявлення джерел загоряння. Група NSO в США для моніторингу використовує лідар, установлений на пілотований літак, для отримання інформації з метою кращої підготовки держави до стихійних лих або кліматичних аномалій, які протягом останніх років почастишали. Отримані дані використовуються також і для оцінювання наслідків НС [1].

Разом з тим, однією з основних проблем при моніторингу зон НС (можливих зон НС) із застосуванням пілотованої авіації є обмежена її ефективність унаслідок високих фінансових витрат як на експлуатацію самих повітряних суден, так і на утримання льотного й обслуговуючого їх персоналу та інфраструктури.

В якості заміни авіаційному спостереженню стало використовуватися дистанційне зондування земних поверхонь з космосу, однак, незважаючи на перспективність цього методу, він так і не зміг стати повноцінною альтернативою. З причини недостатньої просторової розрізненності знімків зі супутників невеликі загоряння можуть залишитися непоміченими, а оновлення видової (прим. з формуванням зображення) інформації не завжди забезпечує необхідну оперативність. Це обумовлено тим, що погодні умови створюють забагато різноманітних перешкод у різні періоди року та часу доби для оптико-електронних засобів моніторингу, особливо у весняний та осінній періоди, що обмежує можливості використання космічних технологій. Важливу роль при цьому завжди грає часовий фактор – оперативність надання інформації.

З появою безпілотної авіації ситуація щодо моніторингу можливих джерел небезпек і загроз покращилася завдяки широким можливостям такої авіації. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) зі встановленою на їхньому борту спеціальною апаратурою здатні здійснювати цілодобові польоти до кромки хмарності й оперативно надавати необхідну інформацію у вигляді цифрових аерознімків чи параметрів як для довгострокового, так і оперативного прогнозування НС.

З урахуванням перерахованих обставин найбільш успішним напрямом для розв'язання проблем моніторингу НС є застосування безпілотної авіації. Міжнародний досвід свідчить про те, що на теперішній час у багатьох країнах світу, а не лише в провідних, йде розробка концепцій застосування різноманітних БпЛА як у сфері цивільного захисту (цивільної оборони), так і в інших напрямках цивільного сегменту.

Ефективність застосування безпілотників для прогнозування, попередження та виявлення НС підтверджується результатами виконання ними низки різноманітних завдань моніторингу. Так, у травні 2014 р. сталася повінь на Балканах. Кількість опадів була найбільшою за останні 120 років, що призвело до того, що великі території виявилися затопленими і сотні тисяч людей були змушені покинути свої будинки. Одним з небезпечних наслідків повені було те, що ґрунти, де з часів війни залишилися міни, змістилися через зсуви. Як виявилось, деякі з мін змістилися більш ніж на 20 км. Завдяки зображенням, що були отримані протягом 20 польотів за допомогою апаратури, встановленої на БпЛА, була створена 3D-карта, а геостатичне моделювання дозволило визначити, в яких напрямках могли переміститися міни [2].

У Данії з 2019 р. стежать за вмістом сірки у вихлопних газах судів, що проходять через протоку Великий Бельт, з борта БпЛА вертолітного типу Saab Skeldar V-200. Безпілотник слідує за судном на відстані близько 100 м і веде аналіз викидів судна в атмосферу з метою прогнозування ситуації можливого забруднення атмосфери.

У Південній Африці БпЛА використовуються для вирішення низки завдань, пов'язаних з попередженням і виявленням пожеж. Враховуючи великі просторові межі місцевості, огляд яких мають здійснювати рейнджери, для виявлення джерела диму може знадобитися навіть кілька годин. Застосування безпілотної літака дозволяє значно скоротити час вирішення цього завдання до десятків хвилин і зменшити навантаження на рейнджерів.

Ідея використання БпЛА для виявлення небезпек, пов'язаних з появою акул в зонах розташування пляжів, все частіше привертає увагу. Цією темою займаються в США й Австралії. Дослідники з Університету Дьюка та Університету Північної Кароліни в Чапел-Хілл (США) розробили програму, що дозволяє використовувати безпілотники для автоматизованого виявлення молотоголових акул на мілинах [1].

Активно застосовують БпЛА в США в інтересах попередження і виявлення лісових пожеж, щорічні втрати від яких економічно досить відчутні. Вони дозволяють пожежним спостерігати за місцевістю з висоти пташиного польоту і допомагають оцінити ситуацію щодо поширювання пожежі в інтересах оперативного ухвалення рішення про напрямки висування пожежно-рятувальних бригад і шляхи та порядок евакуації жителів.

Міжнародна команда вчених з США та семи інших країн за допомогою БпЛА DJI Phantom, модифікувавши їх такими компонентами, як параметричні мініатюрні газові сенсори та спектрометри, розробила спеціальну систему для прогнозування часу, коли буде вивергатися діючий вулкан. Імовірність виверження вулкану визначається на підставі співвідношення даних про сірку і вуглекислий газ, що вимірюються датчиками навколо вулкану [1].

ЛІТЕРАТУРА

1. Авіація в сфері цивільного захисту зарубіжних країн : кол. монографія / С. П. Мосов, В. І. Присяжний, О. В. Селюков, С. А. Станкевич, Т. Д. Чубіна; за заг. ред. проф. С. П. Мосова. Київ : Видавничий дім «Вініченко», 2024. 312 с.
2. Розвідка наземних мін з безпілотної літальних апаратів (видимий діапазон довжин хвиль): кол. монографія / С. І. Ковтун, С. П. Мосов, О. О. Назаренко, В. Р. Нероба, О. В. Селюков, С. А. Станкевич, Т. Д. Чубіна; за заг. ред. академіка НАН України В.П. Бабака. Київ : Вид. дім «Вініченко», 2025. 288 с.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТУПНОСТІ УКРИТТІВ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ПІД ЧАС ПОВІТРЯНИХ ТРИВОГ

*Нетепчук М. С.,
Босак П. В., к.т.н., доцент,
Малихін М. М.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Ефективність системи цивільного захисту в умовах правового режиму воєнного стану визначається не номінальною кількістю захисних споруд, а фактичною можливістю населення скористатися ними у критичний момент, їхньою доступністю. Практичний досвід реагування на повітряні загрози в період повномасштабної війни виявив системну кризу в організації безперешкодного доступу громадян до безпечного простору. Під поняттям доступності у цьому контексті слід розуміти інтегральний показник, що охоплює часові, фізичні, правові та психофізіологічні аспекти можливості використання захисної інфраструктури населенням.

Першочерговою проблемою є організаційне блокування, зумовлене людським чинником. Значна частина найпростіших укриттів у житловому фонді перебуває у замкненому стані під час повітряної тривоги. Покладання обов'язків з відмикання дверей на відповідальних чергових демонструє низьку ефективність в умовах застосування озброєння (наприклад аеробалістична ракета «Кинджал»), коли час підльоту до цілі обчислюється хвилинами. Затримка у доступі навіть на кілька секунд створює ризики для життя громадян, які змушені очікувати на відкриття сховища на відкритій місцевості під загрозою ураженням.

Правова кваліфікація таких дій набула особливої гостроти. Згідно зі змінами до законодавства, обмеження доступу до укриттів під час повітряної тривоги може трактуватися як кримінальне правопорушення, передбачене статтею 135 Кримінального кодексу України (Залишення в небезпеці) [1]. Проте на практиці існує колізія між вимогою забезпечення безпеки життя та прагненням балансоутримувачів захистити внутрішньобудинкові комунікації від вандалізму чи несанкціонованого проникнення сторонніх осіб. Відсутність автоматизованих механізмів контролю доступу перетворює цю дилему на постійний конфлікт, де пріоритет безпеки життя часто реалізується із запізненням.

Суттєвим недоліком системи є невідповідність засобів візуальної комунікації та навігації умовам енергетичного дефіциту. У ситуації аварійних відключень електроенергії, відсутність автономного підсвічування вказівників руху та вхідних груп робить захисні споруди фактично невидимими для населення. Дезорієнтація населення на місцевості під час повітряної тривоги призводить до втрати дорогоцінного часу на пошук локації, що нівелює сам факт наявності укриття [4, 5].

Окремим вектором проблематики є верифікація даних у цифрових реєстрах. Дана інформаційна асиметрія призводить до помилкового планування громадянами маршрутів евакуації. Відсутність механізму автоматизованого оновлення даних про доступність конкретного сховища в режимі реального часу перетворює державні інформаційні сервіси на статичні бази даних, які не відображають динаміку оперативної обстановки.

Також проблематика стосується використання споруд подвійного призначення, що перебувають у приватній власності, зокрема підземних паркінгів та цокольних приміщень комерційних об'єктів. Відповідно до статті 32 Кодексу цивільного захисту України, такі об'єкти підлягають включенню до фонду захисних споруд [2]. Однак, фактичний доступ до них часто обмежується графіком роботи підприємств або внутрішніми

розпорядженнями власників. Відсутність дієвого механізму державного примусу щодо забезпечення цілодобового доступу до приватних об'єктів подвійного призначення створює ситуацію невизначеності, коли громадяни не можуть розраховувати на ці локації у нічний час.

Значним бар'єром виступає неналежний санітарно-технічний стан приміщень. Відсутність примусової вентиляції, висока вологість, незадовільний стан інженерних мереж формують стійкий психологічний бар'єр у населення. Громадяни часто свідомо ігнорують сигнали оповіщення, віддаючи перевагу перебуванню у квартирах та використанню архітектурних особливостей будівлі, аби уникнути перебування в умовах, що становлять загрозу санітарно-епідеміологічному благополуччю [3, 4].

Містобудівний аспект проблеми пов'язаний із диспропорцією у щільності захисних об'єктів. Прийняття Закону України № 2486-IX зобов'язало розробників містобудівної документації обов'язково передбачати розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту [3]. Це створює нормативний фундамент безпеки для перспективної забудови, проте не вирішує проблему існуючих районів так званого радянського періоду, де архітектура не передбачала підземних просторів подвійного призначення.

Отже, вирішення вищезазначених проблем потребує комплексної технічної модернізації системи. Пріоритетом має стати встановлення систем автоматичного розблокування замків, синхронізованих із сигналами територіальної системи оповіщення. Це дозволить виключити суб'єктивний чинник затримки доступу. Паралельно необхідно розвивати мережу швидкостроєваних модульних укриттів наземного типу, які здатні компенсувати дефіцит захисних споруд у щільно забудованих районах та забезпечити безбар'єрний доступ для всіх категорій населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кримінальний кодекс України : Закон України від 05.04.2001 № 2341-III. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2001. № 25–26. ст. 131. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (дата звернення: 09.02.2026).
2. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради (ВВР). 2013. № 34–35. ст. 458. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій : Закон України від 29.07.2022 № 2486-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2486-20#Text>
4. Шумський Є., Войченко М., Карабин В., Лоїк В. Управління надзвичайними ситуаціями техногенного характеру в умовах війни: досвід ліквідації катастрофи на Каховській ГЕС. Цивільний захист в умовах війни: колективна монографія за заг. ред. Дмитра Бондаря. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. С. 248–266.
5. Штепа О. Опитувальник психологічної ресурсності особистості: результати розробки й апробації авторської методики. Проблеми сучасної психології. 2018. № 39. С. 380–399.

**РЕГРЕСІЙНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У
ЛОКАЛЬНІЙ ЗОНІ КАБЕЛЬНОГО ТУНЕЛЮ***Нуянзін О. М., д.т.н., професор,**Нешпор О. В., PhD,**Кришталь Д. О., к.держ.упр.,**Мельник В. П., к.т.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

Пожежі у кабельних тунелях становлять значну небезпеку для промислових об'єктів, енергетичних систем та об'єктів критичної інфраструктури. Горіння електричних кабелів супроводжується інтенсивним виділенням теплової енергії, диму та токсичних продуктів горіння, що суттєво ускладнює процес гасіння пожежі та створює небезпеку для персоналу. Температура у зоні горіння кабельної ізоляції, залежно від її типу, може досягати 1000–1200 °С [1]. В умовах обмеженого простору тунелю такі температурні режими призводять до швидкого поширення пожежі вздовж кабельних трас, пошкодження обладнання та значних матеріальних збитків. У зв'язку з цим актуальним є дослідження температурних режимів пожеж у кабельних тунелях та встановлення залежностей між температурними характеристиками пожежі і параметрами тунелю та пожежного навантаження.

Одним із ефективних підходів до вивчення зазначених процесів є застосування математичного та комп'ютерного моделювання, що дозволяє досліджувати пожежні процеси за різних умов без проведення складних і дорогих натурних експериментів. Для отримання узагальнених залежностей температурного режиму пожежі доцільно застосовувати метод повного факторного експерименту, який дає можливість визначити вплив основних факторів та їх взаємодії на досліджувані параметри. У проведеному дослідженні розглядалися три основні незалежні фактори, що визначають розвиток пожежі у кабельному тунелі: пожежне навантаження, площа поперечного перерізу тунелю та горизонтальна складова швидкості руху повітря всередині тунелю. Вибір саме цих параметрів обумовлений тим, що вони найбільш суттєво впливають на інтенсивність горіння, теплообмінні процеси та умови поширення продуктів горіння у тунельному просторі [2].

Для дослідження було обрано інтервали варіювання зазначених факторів, що відповідають реальним умовам експлуатації кабельних тунелів. Пожежне навантаження змінювалось у межах від 224,7 до 2247 МДж/м², площа поперечного перерізу тунелю – від 2,88 до 4,4 м², а швидкість руху повітря – від 0 до 5 м/с. Для побудови математичної моделі температурного режиму пожежі застосовано лінійну регресійну модель з урахуванням взаємодії факторів. Такий підхід дозволяє не лише оцінити вплив кожного окремого параметра, але й врахувати їх комбінований вплив на розвиток пожежі.

З метою отримання необхідних даних було проведено повний факторний обчислювальний експеримент, що складався з восьми чисельних досліджень відповідно до матриці планування. Для кожного експерименту створювалась окрема комп'ютерна модель кабельного тунелю, у якій задавались граничні значення досліджуваних факторів у різних комбінаціях. У результаті моделювання отримано температурні криві розвитку пожежі та визначено основні характеристики температурного режиму, зокрема максимальну температуру у тунелі, тривалість пожежі у визначеній локальній зоні та час досягнення максимальної температури.

Аналіз отриманих результатів дозволив встановити регресійні залежності, що описують зміну температурних характеристик пожежі залежно від досліджуваних факторів. Отримані рівняння регресії дозволяють визначити максимальну температуру у кабельному тунелі, тривалість горіння у локальній зоні та час досягнення максимальної температури з урахуванням пожежного навантаження, геометричних параметрів тунелю та умов вентиляції. Застосування таких залежностей дає можливість прогнозувати розвиток пожежі та оцінювати небезпечні температурні режими без необхідності проведення складних експериментальних досліджень.

Результати дослідження показали, що найбільший вплив на максимальну температуру пожежі має величина пожежного навантаження. При значному збільшенні кількості кабельних ліній та відповідно пожежного навантаження максимальна температура у тунелі може перевищувати 1200 °С. У той же час при мінімальному пожежному навантаженні температура пожежі може становити близько 500 °С. Також встановлено, що площа поперечного перерізу тунелю впливає на інтенсивність нагрівання повітряного середовища. Зменшення площі тунелю призводить до швидшого підвищення температури, оскільки обмежений об'єм простору сприяє накопиченню тепла та продуктів горіння.

Важливу роль у формуванні температурного режиму пожежі відіграють аеродинамічні умови у тунелі. Наявність повітряних потоків впливає на процеси горіння та перенесення тепла. З одного боку, надходження свіжого повітря може знижувати температуру горіння на 50–70 °С за рахунок охолодження та розбавлення гарячих газів. З іншого боку, підвищена швидкість повітряних потоків сприяє швидшому поширенню полум'я вздовж кабельних ліній, що може призводити до більш інтенсивного розвитку пожежі у протяжних кабельних спорудах.

Отримані результати дозволяють зробити висновок про доцільність використання методів комп'ютерного моделювання та факторного експерименту для дослідження пожеж у кабельних тунелях. Побудовані регресійні залежності можуть бути використані при прогнозуванні температурних режимів пожежі, оцінюванні пожежної небезпеки кабельних тунелів та розробленні заходів щодо підвищення їх пожежної безпеки. Застосування таких моделей також може бути корисним при проектуванні систем вентиляції та протипожежного захисту тунельних споруд.

Подальші дослідження у цьому напрямку доцільно спрямувати на вивчення впливу отриманих температурних режимів на вогнестійкість будівельних конструкцій кабельних тунелів, а також на оцінювання ефективності різних систем пожежогасіння та димовидалення. Це дозволить підвищити рівень безпеки експлуатації кабельних споруд та зменшити ризики виникнення масштабних пожеж на об'єктах інфраструктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Niu, Y., Li, W. (2012). Simulation Study on Value of Cable Fire in the Cable Tunnel. *Procedia Engineering*. 43. 569–573. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812025860>
2. ГБН В.2.2-34620942-002:2015 Лінійно-кабельні споруди телекомунікацій. Проектування. Київ, 2015. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0002865-15>

ВІРТУАЛЬНІ ТРЕНУВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

Пархоменко В.-П. О., к.т.н., доцент,

Пархоменко Р. В., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Підготовка пожежних-рятувальників є критично важливою для забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації, такі як пожежі, аварії та природні катастрофи. Традиційні методи навчання, що базуються на теоретичних лекціях, практичних вправах на полігонах та симуляціях з використанням реального обладнання, часто стикаються з обмеженнями: високою вартістю, ризиком для здоров'я учасників, логістичними труднощами та недостатньою реалістичністю сценаріїв. У сучасному світі, де надзвичайні події стають все складнішими через урбанізацію, кліматичні зміни та технологічний прогрес, існує нагальна потреба в інноваційних підходах до тренувань, які б підвищували мотивацію, ефективність та безпеку навчання.

Гейміфікація, як метод інтеграції ігрових елементів (таких як бали, рівні, нагороди та змагання) у неігрові процеси, демонструє значний потенціал для покращення підготовки пожежних-рятувальників. Дослідження показують, що гейміфікація підвищує залученість учасників, сприяє кращому засвоєнню знань та формує навички швидкого прийняття рішень у стресових ситуаціях. Зокрема, серйозні ігри та симуляції дозволяють моделювати небезпечні сценарії без реального ризику, що особливо актуально для служб порятунку.

Сучасні віртуальні реальності (VR) та інші тренажери відіграють ключову роль у гейміфікації при підготовці пожежних-рятувальників, де може бути включеною у систему службової підготовки особового складу оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

У даній роботі розглянуто можливості та перспективи використання лише віртуальних тренувальних комплексів, тому, відповідно до аналізу різних інтернет-джерел та наукових ресурсів, розроблена їх класифікація для подальшого впровадження в систему тренувальних полігонів, як комплексів для підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, що можуть урізноманітнити та підвищити ефективність аудиторних занять в системі службової підготовки ДСНС України. Провівши аналіз літературних джерел інформації, зрозуміло, що велика кількість виробників тренувальних комплексів не зосереджуються на підготовці лише пожежних-рятувальників. Для збільшення комерційного ефекту, вони розробляють не лише вузьконапрямлені тренувальні комплекси, а в більшості – подвійного призначення, тобто для використання особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів та цивільним населенням, для навчання осіб відповідальних за пожежну безпеку чи охорону праці на підприємствах, працівників в системі HR, працівники підрозділів екстреної медичної допомоги та медицини катастроф тощо. Це дає можливість розширити горизонт використання тренувальних комплексів та підвищити їх економічний ефект.

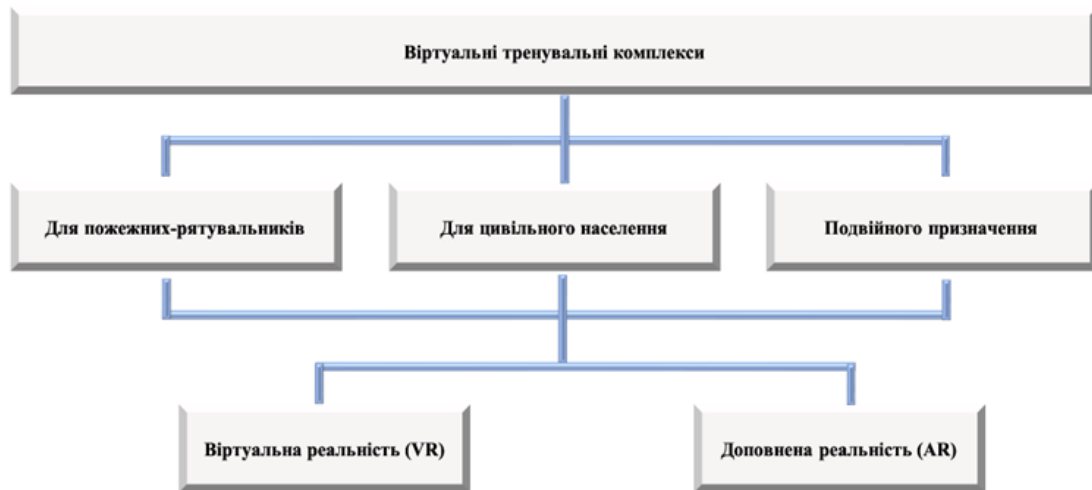


Рисунок 1 – Запропонована класифікація віртуальних тренувальних комплексів для підготовки пожежних-рятувальників

Забезпечення сучасними тренувальними комплексами для підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів повинно бути ініційоване ДСНС на державному рівні, тому що вона, як ніхто інший, має бути зацікавлена в якості належної підготовки особового складу ОРС ЦЗ. Але, враховуючи реалії сьогодення та російську агресію, відсутність фінансування цього напрямку є зрозумілою. Тому, є альтернативний шлях – закупівля тренувальних комплексів за кошти грантів. Найпопулярнішими рушіями в цьому напрямку є: Polska Pomoc, Assistance to Firefighters Grant, EArly-concept Grants for Exploratory Research, Tailored Logistics Support Program, SAFER, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit та Danish Emergency Management Agency.

У співпраці з цими асоціаціями та рятувальними служби впродовж років ДСНС України повинна оновлювати матеріально-технічну базу своїх підрозділів та розширювати кордони співпраці для якісної і безпечної підготовки особового складу ОРС ЦЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Луц В. І., Великий Я. Б., Пархоменко В.-П. О. Створення полігону для підготовки газодимозахисників до проведення аварійно-рятувальних робіт в обмеженому просторі на горизонтальних ділянках. Пожежна безпека: зб. наук. праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2020. №36. С. 59–65. DOI: 10.32447/20786662.36.2020.06.
2. Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту : наказ Міністерства внутрішніх справ України від 15.06.2017 року № 511. Офіційний вісник України. 2017. № 59. С. 135. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-17#Text>
3. ДСТУ 9342:2025 Навчально-тренувальні комплекси для підготовки рятувальників. Класифікація та загальні вимоги.
4. Пархоменко В.-П. О., Лазаренко О. В., Конанець Р. М., Пархоменко Р. В., Панчишин Ю. І., Фрис А. Р. Аналіз сучасних методів гейміфікації для підготовки пожежних-рятувальників. Вісник ЛДУБЖД: зб. наук. праць. Львів: ЛДУ БЖД. 2025. № 32. С. 165–178. DOI: <https://doi.org/10.32447/20784643.32.2025.14>

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ПРОТИМІННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

Пасинчук К. М., к.пед.н., доцент,

Гарбуз С. В., к.т.н., доцент,

Карпова Д. І.

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні воєнні загрози зумовлюють масштабне мінне забруднення території України, що створює системні ризики для населення, критичної інфраструктури та економічної діяльності. За умов тривалого збройного протистояння питання протимінної діяльності набуває стратегічного значення для забезпечення національної безпеки та відновлення постраждалих територій. Відповідно до Кодексу цивільного захисту України [1], органи управління та підрозділи цивільного захисту здійснюють організацію і координацію заходів щодо запобігання надзвичайним ситуаціям і ліквідації їх наслідків, у тому числі пов'язаних із вибухонебезпечними предметами.

Закон України «Про протимінну діяльність в Україні» [2] визначає правові та організаційні засади гуманітарного розмінування, управління інформацією у цій сфері та координації суб'єктів протимінної діяльності. Разом із тим масштаб мінного забруднення, значна протяжність потенційно небезпечних територій і потреба у швидкому відновленні господарської діяльності зумовлюють необхідність переходу від реактивної моделі виконання робіт до ризик-орієнтованої моделі управління.

Ризик-орієнтований підхід базується на системному аналізі загроз, кількісному та якісному оцінюванні небезпек, пріоритетизації територій за рівнем загрози та оптимізації використання ресурсів. Відповідно до Національної стратегії протимінної діяльності на період до 2033 року [3], одним із ключових напрямів розвитку системи є впровадження сучасних методів оцінювання ризиків, цифрових інструментів управління інформацією та вдосконалення міжвідомчої координації.

Управлінський механізм реалізації ризик-орієнтованої моделі включає формування інтегрованої інформаційної бази щодо рівня мінного забруднення, визначення пріоритетних зон розмінування з урахуванням щільності населення та економічної значущості територій, оцінювання ймовірності наявності вибухонебезпечних предметів залежно від характеру бойових дій та планування ресурсного забезпечення відповідно до рівня загрози. Такий підхід дозволяє обґрунтовувати управлінські рішення на основі об'єктивних даних, а не лише оперативної необхідності.

Кількісна оцінка ризику може бути представлена у вигляді залежності:

$$R = P \times C, \quad (1)$$

де R – інтегральний рівень ризику; P – ймовірність наявності вибухонебезпечних предметів на конкретній території; C – тяжкість можливих наслідків, що визначається кількістю населення в зоні ризику, вартістю інфраструктури та можливими соціально-економічними втратами.

Застосування формули (1) забезпечує можливість ранжування територій за рівнем безпеки та визначення черговості проведення робіт із розмінування. Це сприяє раціональному розподілу людських, технічних і фінансових ресурсів, скороченню строків виконання завдань та мінімізації потенційних втрат.

Практична реалізація ризик-орієнтованого підходу пов'язана з низкою управлінських викликів. До них належать обмеженість ресурсного забезпечення, дефіцит

спеціалізованої техніки, потреба у висококваліфікованих фахівцях, а також необхідність координації значної кількості суб'єктів протимінної діяльності. У цих умовах особливого значення набуває створення централізованої системи управління інформацією, що забезпечує оперативний обмін даними між органами державної влади, підрозділами цивільного захисту та міжнародними партнерами.

Впровадження геоінформаційних систем і цифрових платформ моніторингу дозволяє здійснювати постійне оновлення даних про рівень мінного забруднення, інтегрувати результати технічного та нетехнічного обстеження територій і формувати аналітичні звіти для прийняття управлінських рішень. Такий підхід відповідає стратегічним положенням розвитку системи цивільного захисту та сприяє підвищенню прозорості процедур і підзвітності суб'єктів протимінної діяльності [1–3].

Важливою складовою ризик-орієнтованої моделі є міжвідомча взаємодія. Протимінна діяльність охоплює органи цивільного захисту, військові підрозділи, органи місцевого самоврядування, міжнародні організації та операторів гуманітарного розмінування. Єдина методологічна база оцінювання ризиків створює передумови для узгодженого планування заходів і підвищує ефективність функціонування системи в цілому.

У міжнародній практиці протимінна діяльність розглядається як складова системи управління ризиками у сфері цивільної безпеки, що поєднує гуманітарні, соціально-економічні та інфраструктурні аспекти відновлення. Для України актуальним є впровадження багаторівневої моделі управління, яка охоплює стратегічний рівень формування державної політики відповідно до законодавства [1, 2] та стратегічних документів [3], регіональний рівень планування заходів із урахуванням особливостей територій і локальний рівень практичної реалізації в громадах. Інтеграція ризик-орієнтованого підходу у процеси відновлення деокупованих територій дозволяє визначати першочергові об'єкти розмінування з урахуванням їх соціальної та економічної значущості. Оцінювання результативності заходів має здійснюватися за показниками очищених площ, зменшення кількості інцидентів та відновлення господарської діяльності, що забезпечує адаптивність системи управління до змін безпекової ситуації.

Таким чином, впровадження ризик-орієнтованої моделі управління протимінною діяльністю забезпечує формування науково обґрунтованої системи прийняття рішень, підвищення ефективності використання ресурсів та зміцнення спроможності держави протидіяти наслідкам воєнних загроз. Перехід до такої моделі є необхідною умовою формування стійкої системи цивільного захисту в умовах тривалої збройної агресії та відновлення безпечного середовища життєдіяльності населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-V. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення: 18.03.2026).
2. Про протимінну діяльність в Україні : Закон України від 06.12.2018 № 2642-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19> (дата звернення: 18.03.2026).
3. Про схвалення Національної стратегії протимінної діяльності на період до 2033 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 28.06.2024 № 616-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/616-2024-%D1%80> (дата звернення: 18.03.2026).

ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ПРИКЛАДІ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС

*Стовбан Г. М.,
Босак П. В., к.т.н., доцент,
Любовецький О. В.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Цивільний захист об'єктів критичної інфраструктури виступає одним із ключових напрямів забезпечення національної безпеки держави. Він охоплює комплекс організаційних, інженерно-технічних, інформаційних та управлінських заходів, спрямованих на підтримання сталого функціонування життєво важливих галузей економіки, захист населення та територій від наслідків надзвичайних ситуацій, а також мінімізацію збитків у разі виникнення небезпечних подій у мирний та воєнний час [1, 3]. Особливо важливим є захист енергетичної інфраструктури, оскільки саме вона забезпечує безперебійне постачання електроенергії базового ресурсу для промисловості, комунальних служб, медичних установ, систем зв'язку та інших критичних сфер [2].

Аналіз надзвичайних ситуацій техногенного характеру, які виникали на станції в попередні роки, свідчить про наявність низки вразливостей, характерних для об'єктів енергетичного сектору. Так, у 2021 році на окремих енергоблоках Бурштинської ТЕС було зафіксовано пожежі та інші аварійні ситуації, що стали наслідком розгерметизації технологічного обладнання. Унаслідок цього відбувався викид парогазових сумішей, що створювало небезпеку їх займання та вибуху. За офіційними даними ДСНС України, під час однієї з аварій постраждало четверо працівників, які отримали травми різного ступеня тяжкості. Особливу небезпеку під час ліквідації подібних подій становили ризики детонації воднево-повітряних сумішей, що можуть формуватися внаслідок порушення герметичності систем охолодження, а також утворення вибухонебезпечних концентрацій вугільного пилу у виробничих приміщеннях. Це вимагає від персоналу високого рівня підготовки, чіткого дотримання регламентів безпеки та своєчасного технічного обслуговування обладнання [2].

Ситуація ускладнилася у 2024–2026 рр., коли об'єкти енергетичної інфраструктури України, включно з Бурштинською ТЕС, почали систематично зазнавати ракетних та безпілотних ударів. Подібні атаки призводили до пошкодження трансформаторних підстанцій, руйнування допоміжних споруд, виходу з ладу ліній електропередач та виникнення пожеж. У багатьох випадках відновлення функціонування станції вимагало значних матеріальних і людських ресурсів та тривало кілька діб. У сучасних умовах гібридних та відкритих збройних конфліктів такі загрози мають системний характер, що зумовлює необхідність переходу від переважно реактивних заходів цивільного захисту до моделі забезпечення стійкості енергетичних об'єктів [4].

Одним із перспективних напрямів підвищення рівня безпеки ТЕС є впровадження інженерних рішень швидкого зведення, спрямованих на фізичний захист критичних елементів інфраструктури. Зокрема, використання габійних конструкцій, земляних валів, захисних екранів та модульних укриттів дозволяє істотно зменшити ризики пошкодження трансформаторів, систем управління, розподільчих пристроїв та робочих зон персоналу. Габіони характеризуються швидкістю монтажу, високою стійкістю до вибухової хвилі та можливістю комбінування з іншими засобами інженерного захисту. Це робить їх дієвим рішенням як для відновлюваних, так і для постійних захисних споруд [5].

Ключовими залишаються й організаційні заходи цивільного захисту: удосконалення алгоритмів реагування на надзвичайні ситуації, проведення регулярних

навчання персоналу, забезпечення наявності аварійного електроживлення та сучасних засобів зв'язку, створення запасів матеріалів для оперативного ремонту. Важливе значення має і модернізація систем раннього виявлення небезпечних процесів – датчиків загазованості, температурного контролю та пожежогасіння. Усі ці дії спрямовані на зменшення часу реагування та підвищення ефективності роботи аварійно-рятувальних формувань [4–7].

Таким чином, сучасний підхід до цивільного захисту енергетичних об'єктів має розглядатися не як сукупність окремих заходів реагування, а як цілісна стратегія, що охоплює систему запобігання, підготовки, протидії та швидкого відновлення. Зростання ризиків техногенного та воєнного характеру вимагає від держави, підприємств і всього суспільства переходу до моделі довгострокової стійкості, яка дозволить не лише мінімізувати наслідки надзвичайних ситуацій, а й забезпечити стабільне функціонування критичних об'єктів у складних умовах. Бурштинська ТЕС є показовим прикладом того, наскільки важливо своєчасно впроваджувати комплексні рішення, поєднувати технічний, організаційний та стратегічний підходи й підвищувати готовність персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Отже, розвиток системи цивільного захисту критичної інфраструктури має стати одним із пріоритетних напрямів державної політики безпеки у сучасних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України: Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1996. № 30. ст. 141. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
3. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
4. Архипова Л., Кирилів Б. Сталий розвиток енергетики під час війни: екологічний аспект діяльності Бурштинської ТЕС. Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів «Екологічна безпека держави». 2025. Т. 19. С. 33–34. URL: <https://doi.org/10.18372/2786-8168.19.19956>
5. Філіппова В. В., Гаврись А. П. Комплексний захист об'єктів критичної інфраструктури України в умовах військового конфлікту. I Міжнародна науково-практична конференція «Цивільний захист в умовах війни». м. Львів, 17-18 квітня 2025 року. С. 131–133.
6. Коваль М. С. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану. Львів: ЛДУ БЖД, 2023. 306 с. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/1/9/2/4/3/5/9/diyi-dsns-objednana-knigacompressed.pdf>
7. Popov, O. et al. (2018). Conceptual Approaches for Development of Informational and Analytical Expert System for Assessing the NPP impact on the Environment. Nuclear and Radiation Safety. 3(79). 56–65. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3\(79\).09](https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3(79).09)

ЗАХОДИ СТІЙКОСТІ ДЛЯ ПОМ'ЯКШЕННЯ РИЗИКІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Тарнавський А. Б., к.т.н., доцент,

Любовецький О. В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Перед тим, як визначати і впроваджувати рішення стійкості для об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), об'єднані територіальні громади (ОТГ) повинні переглядати своє бачення і уточнювати початкові цілі та завдання підвищення стійкості критичної інфраструктури на найвищому рівні деталізації із врахуванням результатів ідентифікації ОКІ та оцінювання ризиків.

Основним результатом застосування механізму підвищення стійкості критичної інфраструктури є рішення, що забезпечують пом'якшення ризиків для критичної інфраструктури ОТГ. Рішеннями стійкості можуть бути різноманітні політики, стратегії, плани, правила і програми [1], які спрямовані на підвищення стійкості, або реальні інфраструктурні проекти.

Основними заходами, що забезпечують підвищення стійкості ОКІ, є такі. Хоча наведені заходи не є повними, але вони можуть виступати в якості початкової точки розроблення захисних заходів.

Використання інструментів планування землекористування. ОТГ можуть використовувати генеральні плани або правила зонування територій для обмеження розвитку критичної інфраструктури (будівництво ОКІ) у небезпечних районах [2].

Оновлення нормативних документів та стандартів. На основі загроз, небезпек і вразливостей, які виявлені у процесі оцінювання ризиків, ОТГ можуть оновлювати внутрішні нормативні документи і стандарт з метою пом'якшення найбільших ризиків для критичної інфраструктури ОТГ. Крім того, будь-які зміни у нормативних документах повинні передбачати відповідні положення, які забезпечують їх виконання.

Інвестиції у надійну критичну інфраструктуру. ОТГ можуть використовувати інформаційні дані, що одержані у процесі оцінки ризиків, для визначення заходів стійкості, які забезпечать зменшення вразливості основних ОКІ до різних загроз і небезпек [3]. Можливі рішення можуть включати нарощення резервних робочих потужностей, диверсифікацію технологічних мереж, диверсифікацію ланцюжків постачання вихідної сировини або інших матеріалів, проектування гнучких систем для зменшення потреби в обслуговуванні через раціональне використання матеріальних і людських ресурсів.

Оновлення програм капітального ремонту і технічного обслуговування критичної інфраструктури. ОТГ можуть використовувати список пріоритетних ОКІ і список відповідних залежностей для коригування пріоритетів постачальників послуг у технічному обслуговуванні та модернізації. Існуючі програми технічного контролю можна розширювати таким чином, щоб вони передбачали виявлення інфраструктурних систем, які потребують удосконалення і пріоритетного технічного обслуговування.

Розроблення планів забезпечення безперервної діяльності та планів дій у надзвичайних ситуаціях. Власники і оператори ОКІ можуть використовувати інформацію по залежності для розроблення детальних, продуманих і гнучких планів забезпечення безперервної діяльності, які допомагатимуть підтримувати надання комунальних послуг ОКІ навіть під час виникнення надзвичайних ситуацій [4]. ОТГ теж можуть використовувати дану інформацію для розроблення ефективних планів дій у надзвичайних ситуаціях.

Інтеграція зеленої інфраструктури. Врахування наявності на території ОТГ об'єктів зеленої інфраструктури може знизити кліматичні ризики, підвищити енергоефективність та зменшити потреби у матеріальних і енергетичних ресурсах. Це покращить не лише екологічну, але й соціально-економічну ситуацію [5].

Створення Ради (комісії) з питань інфраструктури. Маючи у своєму складі представників органів влади, місцевого самоврядування, власників та операторів ОКІ Рада (комісія) з питань інфраструктури виступає зацікавленим стороною так-званим майданчиком для проведення зустрічей для обговорення поточної діяльності і різних викликів, залежностей, майбутніх заходів та можливостей для створення партнерств і креативного фінансування.

Оскільки значна кількість ОКІ на територіях ОТГ частково або повністю керуються комп'ютерною технікою та підключені до інтернету, то в процесі планування процесів стійкості необхідно розробляти ефективні політики і процедури. Дані заходи забезпечуватимуть інтеграцію питань пов'язаних з удосконаленням систем кібербезпеки у життєвий цикл розвитку критичної інфраструктури.

Механізми ініціювання кібербезпеки ОКІ дають змогу отримати доступ до низки безпекових продуктів та спеціалізованих комп'ютерних послуг.

Покращення кібербезпеки критичної інфраструктури ОТГ допомагає власникам та операторам ОКІ узгоджувати наявні ресурси для того, щоб вони могли використовувати заходи кібербезпеки та здійснювати управління кіберризиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національний план захисту та забезпечення безпеки та стійкості критичної інфраструктури : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 19.09.2023 № 825-р.
2. Рогуля А.О., Яковчук Р.С., Лоїк В.Б., Гаврись А.П., Карабин В.В. Цивільний захист на території об'єднаних територіальних громад : навч. посіб. Львів: Растр-7, 2025. 295 с.
3. Внесок і завдання територіальних громад щодо реалізації плану стійкості. Національний інститут стратегічних досліджень, 2024. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/vnesok-i-zavdannya-terytorialnykh-hromad-shchodo-realizatsiyi-planu>.
4. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX (із змінами).
5. Огданська О. Д., Чернобривець С. І. Перспективи зеленої енергетики. Економіка та суспільство. Електронний журнал: Видавничий дім «Гельветика», 2024. Серія Міжнародні економічні відносини. Вип. № 68.

МЕХАНІЗМИ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНИМ ЗАХИСТОМ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ НА РІВНІ ОБА, РВА ТА ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ

Ткаченко В. А.,

Сапожнікова Н. Ю., к.т.н., доцент

Національний університет «Одеська політехніка»

Механізми державного управління цивільним захистом в умовах воєнного стану на рівні обласних військових адміністрацій, районних військових адміністрацій та органів місцевого самоврядування мають системний і багаторівневий характер та спрямовані на забезпечення безпеки населення, захист територій і об'єктів критичної інфраструктури, а також на мінімізацію наслідків воєнних загроз і надзвичайних ситуацій. Запровадження воєнного стану в Україні зумовило суттєву трансформацію системи публічного управління, що проявляється у посиленні ролі держави, централізації управлінських рішень та розширенні повноважень військових адміністрацій у сфері цивільного захисту.

Державне управління у сфері цивільного захисту населення здійснюється через сукупність взаємопов'язаних механізмів, серед яких ключове місце посідає правовий механізм. Його основу становлять Конституція України, Кодекс цивільного захисту України, закони України «Про правовий режим воєнного стану», «Про місцеві державні адміністрації», «Про місцеве самоврядування в Україні», а також численні підзаконні нормативно-правові акти Кабінету Міністрів України та рішення органів військового управління. Саме правове регулювання визначає компетенцію органів влади різних рівнів, порядок їх взаємодії, відповідальність посадових осіб та алгоритми реагування на надзвичайні ситуації воєнного характеру [1, 2].

Особливе значення в умовах воєнного стану набуває діяльність обласних і районних військових адміністрацій, які виконують функції координаційних центрів у системі цивільного захисту. Вони забезпечують реалізацію державної політики у сфері захисту населення, організують заходи з оповіщення, евакуації, розміщення внутрішньо переміщених осіб, контролюють стан захисних споруд, а також координують роботу територіальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій, закладів охорони здоров'я, правоохоронних органів і комунальних служб [3].

Організаційний механізм державного управління цивільним захистом полягає у створенні чіткої системи управління та взаємодії суб'єктів цивільного захисту. Він передбачає функціонування комісій з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій, оперативних штабів, планування та проведення заходів цивільного захисту на відповідних територіях. На рівні органів місцевого самоврядування організаційний механізм реалізується через розроблення місцевих програм цивільного захисту, забезпечення готовності сил і засобів до дій у надзвичайних ситуаціях, організацію навчання населення та посадових осіб основам безпечної поведінки в умовах воєнних загроз [4].

Вагомою складовою механізмів державного управління є економічний механізм, який охоплює фінансове та матеріально-технічне забезпечення заходів цивільного захисту. Фінансування здійснюється за рахунок коштів державного та місцевих бюджетів, резервних фондів, а також інших не заборонених законодавством джерел. В умовах воєнного стану особливої актуальності набуває раціональний розподіл ресурсів, своєчасне фінансування аварійно-рятувальних робіт, відновлення пошкоджених об'єктів інфраструктури та забезпечення населення першочерговими засобами життєзабезпечення [2, 5].

Не менш важливим є інформаційно-комунікаційний механізм державного управління цивільним захистом, спрямований на оперативне інформування населення про загрози, правила поведінки та порядок дій у надзвичайних ситуаціях. У сучасних умовах цей механізм реалізується із використанням автоматизованих систем оповіщення, офіційних вебресурсів органів влади, соціальних мереж та мобільних застосунків. Ефективна інформаційна політика сприяє зниженню рівня паніки серед населення, підвищенню довіри до органів влади та забезпеченню злагоджених дій усіх суб'єктів цивільного захисту [3, 6].

В умовах воєнного стану особливого значення набуває трансформація системи місцевих органів виконавчої влади, що безпосередньо впливає на механізми державного управління цивільним захистом. Відповідно до Указів Президента України та Закону України «Про правовий режим воєнного стану» обласні та районні державні адміністрації на відповідних територіях набувають статусу обласних і районних військових адміністрацій. Такий перехід зумовлений необхідністю оперативного управління, централізації рішень та посилення координації між цивільними й військовими структурами у сфері захисту населення та територій [1, 3].

У межах нової моделі управління обласні військові адміністрації здійснюють стратегічну координацію заходів цивільного захисту, тоді як районні військові адміністрації забезпечують їх практичну реалізацію на місцевому рівні. Органи місцевого самоврядування зберігають важливі повноваження щодо життєзабезпечення населення, утримання захисних споруд, організації оповіщення та взаємодії з громадянами, що дозволяє поєднувати централізоване управління з урахуванням потреб територіальних громад [2, 4].

Таким чином, механізми державного управління цивільним захистом в умовах воєнного стану на рівні обласних і районних військових адміністрацій та органів місцевого самоврядування утворюють цілісну, багатокомпонентну систему. Її ефективність визначається нормативною визначеністю повноважень, узгодженістю управлінських рішень, належним ресурсним забезпеченням і професійною підготовкою управлінських кадрів. Саме комплексна реалізація зазначених механізмів забезпечує належний рівень захисту населення та територій в умовах воєнного стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.
2. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12.05.2015 № 389-VIII.
3. Шойко В. С. Характерні особливості змісту поняття механізмів державного управління у сфері цивільного захисту. Публічне урядування. 2020. Вип. 2 (22). С. 230–241.
4. Про місцеве самоврядування в Україні : Закон України від 21.05.1997 № 280/97-ВР.
5. Про місцеві державні адміністрації : Закон України від 09.04.1999 № 586-XIV.
6. Як діяти під час сигналу «Повітряна тривога!». Державна служба України з надзвичайних ситуацій: офіційний вебсайт. URL: https://lg.dsns.gov.ua/news/iak-diiati-pid-cas-signalu-povitriana-trivoga?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 05.01.2025).

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ РИЗИКІВ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ТА РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ

Тульнова С. Ю.,

Іващенко М. Ю., к.т.н., доцент

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

У двадцять першому столітті сфера охорони праці та цивільного захисту переживає фундаментальну трансформацію, переходячи від реактивної моделі управління до предиктивної. Реактивний підхід зосереджений на ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС), що вже відбулися, тоді як предиктивна модель дозволяє передбачити загрозу ще до її прояву. Цей перехід зумовлений ускладненням архітектурних рішень, використанням нових синтетичних матеріалів та потребою забезпечити надійність об'єктів критичної інфраструктури.

Для прикладу, фундаментом забезпечення пожежної безпеки об'єктів в Україні є ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення», який визначає загальні положення пожежної безпеки [1]. Він встановлює обов'язкові правила для проектування та експлуатації будівель, спрямовані на забезпечення безпеки людей і захист майна. Однак цей стандарт має переважно приписовий характер, надаючи жорсткі рішення, які не завжди є ефективними для складних або унікальних архітектурних об'єктів. В таких випадках стандартні норми можуть виявитися недостатніми, що зумовлює необхідність застосування методів моделювання, орієнтованих на результат, підтверджений точними розрахунками. Сьогодні для проведення таких досліджень використовують спеціалізоване програмне забезпечення, зокрема такі як: Fire Dynamics Simulator, PyroSim, Pathfinder та SimScale [2–5].

Fire Dynamics Simulator разом із графічним інтерфейсом PyroSim дозволяють детально розрахувати складні хімічні процеси горіння, а також як вогонь і дим будуть поширюватися в просторі, враховуючи рух повітряних потоків [2, 3]. Це дає змогу прогнозувати концентрацію токсичних газів та рівень видимості, що є важливим для безпеки людей.

Евакуація людей є найменш передбачуваним елементом у системі безпеки. Pathfinder вирішує це завдання за допомогою агентного моделювання, де кожна особа (агент) наділена власними характеристиками: швидкістю руху, часом реакції, антропометричними даними та алгоритмом прийняття рішень [4]. Програмне забезпечення дає змогу виявляти місця скупчення людей і точно визначати час повної евакуації з будівлі, моделюючи рух різних груп населення. Це особливо важливо для лікарень і шкіл, де врахування великої кількості людей і пацієнтів з обмеженою мобільністю та рятувального персоналу дозволяє створювати динамічні моделі з реалістичними затримками руху при використанні нош.

Платформа SimScale доповнює можливості попередніх програм, дозволяючи проводити складні інженерні розрахунки вентиляції та якості повітря у хмарному середовищі, що прискорює процес тестування різних сценаріїв евакуації та надзвичайних ситуацій [5].

Практичне застосування цих технологій демонструє підвищення рівня охорони праці на промислових та громадських об'єктах. Наприклад, моделювання процесів на заводах з виготовлення акумуляторів показало, як внутрішні дефекти обладнання можуть спричинити пожежу, що швидко поширюється через кабелі, супроводжуючись небезпечними вибухами. У медичних закладах цифровий аналіз допомагає правильно розмістити вентиляційні отвори в операційних, щоб майже миттєво видаляти бактерії та

забруднювачі повітря, захищаючи персонал і пацієнтів. Симуляції в складських приміщеннях дозволяють встановити, наскільки швидко дим може заблокувати шляхи відходу, що допомагає розробляти більш ефективні плани реагування. У великих підземних паркінгах заміна стандартної вентиляції на сучасні системи на основі цифрових розрахунків дозволяє значно зменшити задимленість території, тим самим забезпечує вільні проходи для рятувальників.

Таким чином, інтеграція сучасних цифрових технологій у систему управління ризиками робить інженерні рішення обґрунтованими та дозволяє мінімізувати травматизм у найскладніших умовах. На основі проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

По-перше, технологічна ефективність, використання Fire Dynamics Simulator та PyroSim дозволяє детально розрахувати складні хімічні процеси горіння, поширення диму та концентрацію токсичних газів, що є необхідним для безпеки людей.

По-друге, прогностична точність, тобто агентне моделювання в Pathfinder дає змогу виявляти місця скупчення людей і точно визначати час повної евакуації, враховуючи навіть специфічні затримки, наприклад, при використанні нош у лікарнях.

По-третє, оптимізація ресурсів, платформи на кшталт SimScale дозволяють проводити розрахунки вентиляції у хмарному середовищі, що прискорює тестування сценаріїв та дозволяє замінювати застарілі системи на сучасні рішення з кращими показниками очищення повітря.

Моделювання реальних сценаріїв, починаючи від заводів з виготовлення акумуляторів до підземних паркінгів, доводить, що предиктивний аналіз здатен попередити катастрофічні наслідки через виявлення внутрішніх дефектів обладнання або неефективності шляхів відходу ще на етапі проєктування.

Застосування цифрових інструментів моніторингу трансформує систему охорони праці з формальної відповідності стандартам у реальний інструмент збереження життя та здоров'я працівників і цивільного населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_8828_2019.pdf (дата звернення: 24.02.2026).
2. Manea, F., Ghicioi, E., Suvar, M. C., Prodan, M., Vlasin, N. I., Suvar, N. S., Vlase, T. (2022). FDS Results for Selecting the Right Scenario in the Case of a Building Fire: A Case Study. *Fire*. 5(6). 198. URL: <https://doi.org/10.3390/fire5060198> (дата звернення: 24.02.2026).
3. Pathfinder. Crowd Movement Simulation and Egress Software. URL: <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/> (дата звернення: 25.02.2026).
4. Zhang, H., Yan, G., Li, M., Han, J. (2020). Analysis of the indoor fire risk based on the Pyrosim simulation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 636(1). 012002. DOI: 10.1088/1755-1315/636/1/012002 (дата звернення: 25.02.2026).
5. Sam Prabhu Jesu Rajendran (2023). Testing Ventilation for Smoke Control in Underground Garage with CFD. *SimScale (Blog)*. URL: <https://www.simscale.com/blog/smoke-and-heat-exhaust-ventilation-system/> (дата звернення: 25.02.2026).

УДОСКОНАЛЕННЯ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Хижняк А. А.¹, PhD, доцент

Кириченко О. В.², д.т.н., професор

¹Головне управління ДСНС України у Полтавській області,

²Національний університет цивільного захисту України

Починаючи з 24 лютого 2022 року, внаслідок повномасштабної збройної агресії РФ, об'єкти критичної інфраструктури України перебувають під постійним вогневим впливом. Особливу загрозу становлять удари по підприємствах нафтогазового комплексу, що супроводжуються масштабними пожежами. Аналіз дій пожежно-рятувальних підрозділів свідчить, що домінуючим чинником ускладнення оперативної обстановки є деструкція резервуарних парків, що призводить до розливу легкозаймистих (ЛЗР) та горючих рідин на значних площах [1].

Технологічне рішення: Система «KRAKEN». Для мінімізації наслідків розливу нафтопродуктів та підвищення інтенсивності подачі вогнегасних речовин було впроваджено використання лафетних стволів високої продуктивності. Науково-практичний інтерес становить інтегрована система, що отримала назву «KRAKEN», яка базується на поєднанні ствола NSN з генераторами піни:

ГПС-2000 – для отримання піни середньої кратності;

ГПВ-2000 – для генерації піни високої кратності.

Застосування такої комбінації дозволило досягти наступних переваг:

Дистанційність та геометрія подачі: Збільшення радіуса дії та висоти підйому струменя піни.

Пропускна здатність: Забезпечення нормативної інтенсивності подачі навіть за умов екстремального теплового випромінювання.

Адаптивність режимів: Можливість варіювання витрати води та параметрів компактного струменя залежно від фази розвитку пожежі.

Дистанційні методи гасіння: Water Tower “Kraken” Fire. Важливим етапом модернізації стало створення комплексу на базі автопідіймача гідравлічного пожежного (АПП-30). Поєднання вишки з робочою висотою до 30 метрів та ствола «KRAKEN» дозволило реалізувати концепцію Water Tower “Kraken” Fire.

Головною перевагою системи є реалізація алгоритму гасіння без безпосередньої присутності особового складу в зоні можливого скипання або викиду нафтопродуктів (homeless/unmanned operation). Потужний гідравлічний привід забезпечує оперативне розгортання та точне маневрування струменем у важкодоступних зонах промислової забудови.

Роботизовані комплекси та БпЛА. У контексті цифровізації та автоматизації пожежогасіння критично важливим є залучення наземних роботизованих систем, зокрема Magirus TAF 35C.

Технічні можливості: Установка оснащена турбінним лафетним стволом, здатним розпорошувати воду/піну на відстань до 80 метрів. Інформаційне забезпечення: Інтегровані тепловізійні сенсори дозволяють здійснювати моніторинг градієнта температур крізь щільну завісу диму. Безпека: Дистанційне керування на відстані до 300-500 метрів нівелює ризик травмування персоналу при вибухах ємностей.

Паралельно з наземними комплексами застосовуються безпілотні літальні апарати (БпЛА), що виконують функцію повітряного командного пункту: термографічний аналіз:

Виявлення зон перегріву стінок резервуарів, що не охолоджуються. Логістична оптимізація: Побудова динамічних карт безпечних під'їзних шляхів для спецтехніки. Координація: Синхронізація дій роботизованих систем та мобільних розрахунків у режимі реального часу.

Впровадження комбінованих систем типу «KRAKEN», роботизованих установок Magirus TAF 35C та засобів аеророзвідки дозволяє трансформувати класичну тактику пожежогасіння. Перехід від контактного до дистанційно-керованого методу ліквідації пожеж на нафтобазах суттєво підвищує ефективність локалізації вогню та забезпечує збереження життя і здоров'я особового складу в умовах воєнного стану.

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. [Електронний ресурс] // Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: <https://if.dsns.gov.ua/upload/1/1/9/3/3/4/7/Vr00vOSx9wVORgnKSrdVAYnz6P9sLaTd1EVLmisK.pdf>

МОДЕРНІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНИМ ЗАХИСТОМ ЧЕРЕЗ ЦИФРОВУ КОМУНІКАЦІЮ: СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ ТА ІНСТИТУЦІЙНІ БАР'ЄРИ

Чубань В. С., к.економ.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні загрози від природних катаклізмів до гібридних воєн вимагають від системи цивільного захисту (ЦЗ) миттєвої реакції та високої координації. Традиційні ієрархічні моделі управління поступово втрачають ефективність, поступаючись мережевим структурам, що базуються на цифрових технологіях. Актуальність теми зумовлена необхідністю переходу від ситуативного реагування до комплексної системи управління ризиками за допомогою інструментів діджиталізації.

Цифрова трансформація ЦЗ не є лише технічним питанням, це стратегічна зміна парадигми взаємодії держави та суспільства. Основними пріоритетами є:

– Інтегровані системи раннього оповіщення. Впровадження технологій Cell Broadcast та інтеграція державних сервісів із мобільними застосунками (наприклад, досвід застосунку «Повітряна тривога»).

– Інтелектуальні системи прогностичного моніторингу. Використання великих даних для моделювання сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій (НС).

– Єдиний інформаційний простір. Створення захищених хмарних платформ для координації дій ДСНС, органів місцевого самоврядування та волонтерських організацій.

– Комунікативна взаємодія «держава – громадянин». Залучення населення до моніторингу загроз через цифрові платформи (краудсорсинг даних).

Цифрова комунікація в системі ЦЗ виконує три критичні функції:

1. Інформування. Швидке поширення критично важливих інструкцій.

2. Зворотний зв'язок. Отримання оперативної інформації з епіцентру подій від очевидців.

3. Боротьба з дезінформацією. Верифікація даних у режимі реального часу для запобігання паніці.

Процес цифрової модернізації системи цивільного захисту стримується низкою критичних бар'єрів: нормативно-правові перешкоди полягають у застарілості законодавства, яке не визнає юридичну силу автоматизованих рішень; організаційні проблеми проявляються у низькій міжвідомчій координації та внутрішньому опорі змінам, тоді як технологічні ризики зумовлені нерівномірним покриттям інтернетом та загрозами кібератак; крім того, спостерігається суттєвий кадровий дефіцит фахівців, здатних працювати на стику безпекової сфери та ІТ-технологій.

Для успішної реалізації стратегії модернізації необхідно: гармонізувати українське законодавство у сфері ЦЗ із цифровими стандартами ЄС; створити національну платформу управління знаннями про ризики; інвестувати у кіберзахист критичної інфраструктури зв'язку.

Для ефективного управління цивільним захистом недостатньо просто впровадити месенджери. Необхідна багаторівнева модель, яка охоплює:

– Сенсорний рівень. Датчики диму, рівня води в річках, радіаційного фону, що автоматично передають дані в систему без участі людини.

– Аналітичний рівень. Алгоритми штучного інтелекту, що прогнозують зону затоплення або поширення лісової пожежі на основі швидкості вітру та вологості.

– Комунікаційний рівень. Автоматизована розсилка адресних сповіщень лише тим користувачам, які перебувають у радіусі виникнення загрози.

Аналіз глобальних практик дозволяє виділити найбільш дієві інструменти:

1. США (система IPAWS). Інтегрована система публічного оповіщення, яка об'єднує радіо, телебачення, мобільні мережі та навіть дорожні табло в єдиний інформаційний вузол.

2. Естонія (e-Residency та Interoperability). Високий рівень взаємодії між реєстрами дозволяє службам порятунку миттєво бачити медичні дані постраждалого або план будівлі, де стався інцидент.

3. Японія (J-Alert). Система супутникового зв'язку, що дозволяє передавати критичну інформацію за лічені секунди навіть у разі повного виходу з ладу наземних ліній зв'язку.

Крім технічних перешкод, існує «цифровий розрив» між різними групами населення, а саме: старше покоління часто не має смартфонів або навичок користування складними застосунками, що робить їх найбільш вразливими під час цифрового оповіщення; надмірна кількість сповіщень призводить до ефекту «втоми від тривоги», коли люди ігнорують реальну загрозу через перевантаження цифровими каналами.

На основі проведеного аналізу пропонуємо: створити Державний реєстр ризиків, доступний для розробників цивільних безпекових сервісів (через API); впровадити обов'язкові цифрові сертифікати для голів територіальних громад щодо володіння навичками управління НС у цифровому середовищі; розробити офлайн-протоколи, де цифрова комунікація повинна мати механічне дублювання (наприклад, супутниковий інтернет Starlink для пунктів управління).

Отже, цифрова комунікація в управлінні цивільним захистом – це не заміна традиційних методів, а їхнє якісне підсилення. Стратегічний пріоритет полягає у створенні стійкої екосистеми, де дані перетворюються на врятовані життя завдяки швидкості та точності їх передачі. Подальші дослідження мають зосередитися на етичних питаннях використання штучного інтелекту в прийнятті рішень щодо евакуації та захисту персональних даних у системах моніторингу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про схвалення Стратегії цифровізації системи цивільного захисту : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 лип. 2021 р. № 793-р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/793-2021-p> (дата звернення: 08.03.2026).

2. Кудельський В. Е. Модернізація системи державного управління в умовах цифровізації: інституційний аспект. Економіка та соціум. 2021. Вип. 25. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/234> (дата звернення: 01.03.2026).

3. Семашко О. В. Інструменти e-participation як чинник трансформації публічного управління. Аспекти дослідження публічного управління. 2022. № 4. С. 45–52.

4. Цифрова трансформація публічного управління: європейський досвід та українські реалії : монографія / за ред. проф. Ю. Г. Пирюза. Київ : Фенікс, 2023. 312 с.

MANAGEMENT OF CRITICAL INFRASTRUCTURE RESTORATION PROJECTS IN THE CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS IN UKRAINE

*Matsuka V. M., PhD in Economics, Associate Professor,
Horbashevska M. O., PhD in Economics, Associate Professor
Mariupol State University*

The full-scale war in Ukraine has led to widespread destruction of critical infrastructure, which directly affects the security of the population, the functioning of the economy, and the stability of the state. Energy, water supply, transport, communications, and social facilities have suffered significant damage as a result of hostilities and missile strikes.

In these conditions, the restoration of critical infrastructure has become one of the priority tasks of the civil protection system. Effective implementation of this task requires the implementation of modern management approaches, in particular project management, which allows coordinating the actions of various entities, rationally using resources, and minimizing risks [1].

projects in wartime have a number of characteristics that distinguish them from traditional disaster recovery. These include the constant threat of repeated damage, limited access to facilities, shortages of material and human resources, and the need for rapid management decisions.

The main goal of such projects is to ensure the continuity of vital services to the population even in difficult security conditions. Therefore, the management of recovery projects should focus not only on the full restoration of facilities, but also on their temporary operability and increased resilience.

One of the most common examples is projects for the rapid restoration of energy infrastructure facilities after missile strikes. The management of such projects involves rapid damage assessment, identification of critical nodes, mobilization of emergency crews and provision of backup power sources. Project management in this case is aimed at minimizing outage time and ensuring energy sustainability of the regions.

Projects to restore water supply and sanitation systems in frontline and de-occupied territories are also important. Such projects are managed in conditions of limited access to infrastructure and require close coordination between local authorities, civil defense units, and utilities.

A separate group is made up of projects for the restoration of transport infrastructure, in particular roads, bridges and railways. Their implementation is of strategic importance for both humanitarian support and the defense needs of the state. The management of such projects requires clear planning, resource control and risk management [4].

Among the main problems of managing critical infrastructure restoration projects in Ukraine, one should highlight the lack of funding, staffing limitations, the complexity of coordination between management entities, and the high level of risks of repeated destruction [3].

An additional problem is the lack of unified approaches to managing such projects within the civil protection system, which reduces the effectiveness of the implementation of restoration measures.

In order to increase the efficiency of critical infrastructure restoration project management in wartime, it is advisable to:

- implement adaptive project management models;
- integrate risk management into all stages of project implementation ;
- strengthen interdepartmental coordination in the civil protection system;

- use digital project monitoring tools;
- attract international technical and financial assistance [2, 5].

Management of critical infrastructure restoration projects in war-torn Ukraine is a complex but extremely necessary task for the civil protection system. The use of project management allows to increase the efficiency of management decisions, ensure the prompt restoration of vital facilities, and increase the resilience of infrastructure to further threats [6].

Further scientific research should be aimed at forming a national model for managing critical infrastructure restoration projects, taking into account the experience of the war in Ukraine.

REFERENCES

1. Концепція стратегії повоєнного відновлення та розвитку України. Національний інститут стратегічних досліджень. 2022. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2022-05/stratvidnovlennya-koncept-v2.pdf> (date of application: 20.02.2026).
2. Стойка А. В., Верительник С. М., Мацука В. М. Діджиталізація управління проектами і вплив на світову економіку та інвестиції. Збірник наукових праць «Вчені записки». 2025. № 39 (2). С. 45–58. URL: http://doi.org/10.33111/vz_kneu.39.25.02.04.026.032 (date of application: 20.02.2026).
3. Шпатакова О., Іваненко Р., Погребицький М. Перспективи відновлення критичної інфраструктури на деокупованих територіях України. Економіка та суспільство. 2022. 40. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-5> (date of application: 20.02.2026).
4. Яременко О. І., Страхніцький Я. О. Теоретико-методичні основи забезпечення системи захисту критичної інфраструктури держави. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2022. № 1. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2156-2022.1.38> (date of application: 20.02.2026).
5. Balabanyts, A. V., Haponiuk, O. I., Horbashevska, M. O., Kyslova, L. A., Matsuka, V. M., Omelchenko, V. Ya, Osypenko, K. V., Perepadia, F. L., Semkova, L. V. (2020). Management of financial and economic security of the state and ways to prevent external and internal threats/ Mariupol: MDU. 223. URL: https://repository.mu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1746/1/upravlinnia_finansovo-ekonomichnoiu.pdf (date of application: 20.02.2026).
6. Theoretical and Methodological Foundations for the Use of Digital Technologies in Ukraine through the Implementation of EU Experience: collective monograph / edited by A. V. Cherep, I. M. Dashko, Yu. O. Ohrenych, O. H. Cherep. Zaporizhzhia: publisher of FOP Mokshanov V. V., 2024. 246. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/xmlui/handle/12345/24080> (date of application: 20.02.2026).

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE CIVIL DEFENSE SYSTEM OF UKRAINE: CURRENT CHALLENGES AND PROSPECTS

*Levchenko O. G., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Zemlyanska O. V.,
Polukarov Yu. O., PhD, Associate Professor
Igor Sikorsky KPI*

Digitalization of public administration has become one of the key directions of modernization of the public sector of Ukraine. In the field of civil protection, it acquires particular importance in conditions of martial law, when the speed of decision-making, accuracy of forecasting and coordination between response entities directly affect the preservation of the lives of the population. Transformation of management processes based on digital technologies requires a comprehensive combination of legal, technical and organizational solutions. However, with these opportunities come numerous challenges that need to be considered when implementing digital initiatives in public administration.

One of the most important directions is the creation and development of electronic registers and databases. Formation of digital registers of protective structures, accounting of internally displaced persons, resources of territorial communities and specialized equipment allows for prompt decision-making. The practice of recent years has shown that centralized electronic accounting significantly reduces the risks of duplication of information and data loss in crisis conditions.

The legal basis for the functioning of a unified state civil protection system is determined by the Civil Protection Code of Ukraine [1]. At the same time, the current regulatory framework was formed mainly in the conditions of the traditional management model and requires adaptation to digital formats of interaction. In particular, it is important to establish at the legislative level the status of electronic registers in the field of civil protection, the procedure for data exchange between authorities, and requirements for information protection.

It is important to coordinate digitalization processes with the state policy of digital development [2]. This involves the integration of civil protection information systems into national e-government platforms, the use of unified data standards and interaction protocols. Legal support for such integration should guarantee the continuity of system operation even in emergency situations or cyberattacks.

From a managerial point of view, digitalization changes the very model of decision-making. If previously management actions were based mainly on paper reports and fragmented information, today analytical platforms operating in real time play a key role. Centralized situational centers receive data from various sources, process them and form management recommendations. This allows us to move from reactive response to systemic risk management [3].

The technical aspect of digitalization includes the creation and modernization of information and communication infrastructure. This includes server capacities, secure communication channels, backup data storage systems, cloud solutions and automated personnel workplaces. Of particular importance is the uninterrupted operation of public alert systems, which is regulated by relevant government acts [4]. The technical stability of such systems should be ensured by duplication of communication channels and autonomous power sources.

Special attention should be paid to cybersecurity. Information resources in the field of civil protection contain sensitive data on critical infrastructure facilities, protective structures, and evacuation plans. Their unauthorized use can pose a threat to national security. Therefore, digitalization should be accompanied by the implementation of comprehensive information

protection systems, security audits, and regular software updates in accordance with state standards in the field of cyber defense [4].

The problem of coordination between different levels of government remains a management challenge. An effective digital system should ensure horizontal and vertical integration - from territorial communities to central executive authorities. The presence of unified digital platforms allows you to avoid duplication of functions, reduces the time for information transfer, and increases the transparency of decision-making.

The legal dimension of digitalization also covers the issues of electronic document flow and the legal force of electronic decisions. In an emergency situation, it is critically important that electronic orders, instructions, and protocols have full legal status and are recognized by all subjects of the civil protection system. This requires clear regulatory regulation and unification of procedures. The personnel aspect is no less important. Technical solutions cannot be effective without proper training of personnel. Therefore, digitalization should be accompanied by systematic improvement of the skills of civil servants and civil protection specialists, the development of digital competencies, and the formation of a culture of working with data [5].

In the future, it is advisable to introduce intelligent big data analysis systems to predict emergencies, assess risks, and optimize resource allocation. Such technologies can become a tool for strategic planning and increasing the resilience of territories to crisis phenomena.

The digitalization of the civil protection system of Ukraine is a multidimensional process that includes legal, technical, and managerial components. Its effectiveness depends on the consistency of the regulatory framework, the implementation of the state strategy for digital development, technical modernization of infrastructure and development of human resources. Only a comprehensive approach will ensure increased resilience of the state to modern threats and the formation of an effective security management system.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
2. Про затвердження Порядку функціонування систем оповіщення населення у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій : Постанова Кабінету Міністрів України № 733 від 27.09.2017 р. (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2017-%D0%BF#Text>
3. Матківська Х. С., Зачко О. Б. Моделі цифровізації систем hr-менеджменту служби цивільного захисту організацій. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2024. № 5 (27). С. 204–214. DOI: 10.30837/ITSSI.2023.26.
4. Новікова Н. Л., Бойко Л. В. Цифровізація та національна безпека: тенденції та виклики. National Security Law and Economics. 2024. № 1. С. 72–77. DOI: 10.51369/3083-5917-2024-1-8.
5. Мазурук О., Пойда С. Вплив цифрових інструментів на зміни в сучасному публічному управлінні. Матеріали конференцій МНЛ. Івано-Франківськ, 15 грудня 2023 р. 2023. С. 109–111. URL: <https://archive.liga.science/index.php/conference-proceedings/article/view/638>

СЕКЦІЯ 3 РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

УДК 351.74 : 614.842

НЕВІДКЛАДНІ ДІЇ ПРАЦІВНИКІВ ЧЕРГОВОЇ СЛУЖБИ ПІДРОЗДІЛУ ПОЛІЦІЇ ПРИ РЕАГУВАННІ НА ІНФОРМАЦІЮ ПРО ЛІСОВУ, ТОРФ'ЯНУ ЧИ СТЕПОВУ ПОЖЕЖІ

Антипенко М. О.,

Вайда Т. С., к.пед.н., доцент

Одеський державний університет внутрішніх справ

Актуальність проблеми. Реагування на надзвичайні ситуації (далі – НС) та ліквідація їх наслідків є однією із складових державної політики у сфері цивільного захисту (далі – ЦЗ) та забезпечення громадської безпеки, які здійснюється відповідно до визначених вимог законодавства. Ці заходи правоохоронних органів в екстремальних умовах НС передбачають скоординовані дії не тільки суб'єктів ЦЗ згідно планів їх реагування для конкретного виду та рівня НС, а й залучення до цієї діяльності інших відомств для ефективної організації робіт з ліквідації небезпечних факторів, припинення їх дії, рятування населення і майна, локалізацію зони НС та мінімізацію їх наслідків [1] в межах чітко визначеної Єдиної державної система ЦЗ [2]. Тому правоохоронцями особлива увага приділяється узгодженню взаємодії між службами різних відомств, забезпеченню безперервного й стабільного управління ними під час проведення аварійно-рятувальних або інших невідкладних робіт.

Постановою Кабінету Міністрів України № 223 від 14 березня 2018 року затверджено План реагування на надзвичайні ситуації державного рівня [2]. Цей план регламентує дії центральних та місцевих органів виконавчої влади, спосіб взаємодії, а також особливості функціонування в режимі підвищеної готовності під час НС. План включає заходи з оповіщення населення, приведення у готовність сил ЦЗ, створення пунктів управління, за потреби забезпечення евакуаційних робіт та усунення наслідків. Нормативна база забезпечує чіткий алгоритм дій та розподіл повноважень (обов'язків) між суб'єктами реагування.

Законодавством передбачено реагування підрозділів поліції на НС природного походження, зокрема на лісові, торф'яні чи степові пожежі [3], адже охорона публічного (громадського) порядку є одним з основних видів забезпечення під час ліквідації наслідків НС [2]. До основних функції МВС (НПУ, НГУ) відносять наступні: 1) здійснення заходів з рятування людей, забезпечення їх безпеки та охорона майна; 2) забезпечення публічної безпеки і порядку; 3) надання допомоги органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування у відселенні людей з місць, небезпечних для проживання, проведенні евакуації населення; 4) регулювання дорожнього руху та здійснення контролю за додержанням ПДР його учасниками, а також за правомірністю експлуатації транспортних засобів на вулично-дорожній мережі; 5) супроводження транспортних засобів у передбачених законом випадках [2].

Складовими діями алгоритму орієнтовних невідкладних дій працівника чергової служби підрозділу поліції при лісовій, торф'яній, степовій пожежах є такі:

1) з'ясувати час, місце та обставини виникнення пожежі; 2) уточнити площу та напрямок, у якому вона поширюється, а також можливі загрози; 3) встановити установчі

дані та місце перебування заявника; якщо про пожежу повідомили посадові особи підприємств, установ, організацій, то з'ясувати яких саме; уточнити, які сили залучено до локалізації та ліквідації пожежі та яка потрібна допомога.

При цьому працівникові чергової служби підрозділу поліції слід зареєструвати повідомлення в установленому порядку, а також негайно: 1) поінформувати диспетчера (чергового) територіального органу (підрозділу) ДСНС; 2) доповісти начальнику органу (підрозділу) поліції, його заступникам (відповідно до розподілу функціональних обов'язків), відповідальному органу (підрозділу) поліції (начальнику СРПП) та до чергової служби вищого рівня; 3) вивчити за картою район пожежі, з урахуванням природних умов та перешкод для розширення пожежі визначити населені пункти, яким пожежа може загрожувати, шляхи до району пожежі та її об'їзду; 4) перевірити наявність інформації щодо пожежі в територіальному підрозділі Держагентства лісових ресурсів України, інших підприємствах та організаціях, господарська діяльність яких пов'язана з районом пожежі; з'ясувати, які заходи вживаються для локалізації та ліквідації пожежі [3].

Працівникові чергової частини підрозділу поліції важливо підтримувати постійний зв'язок з керівництвом територіального штабу (якщо створений) або організацій, які ведуть роботу з локалізації та ліквідації пожежі; знати обстановку в районі пожежі, розстановку залучених сил і засобів; при різкому погіршенні обстановки в районі пожежі, виникненні загрози населеним пунктам або об'єктам господарства негайно доповісти керівництву органу (підрозділу) поліції, до чергової служби вищого рівня, повідомити чергових прокуратури, територіальних органів (підрозділів) ДСНС та СБУ, інших органів державної влади та місцевого самоврядування; якщо за рішенням начальника органу (підрозділу) поліції виставлено пости для виконання режимних протипожежних заходів, забезпечити підтримання з ними постійного зв'язку та обмін інформацією; надіслати до чергової служби вищого рівня інформацію про обставини пожежі [3].

Висновки. Отже, реагування на НС та ліквідація їх наслідків є комплексною діяльністю правоохоронних органів, що ґрунтується на законодавчо визначених нормах, затверджених планах реагування та злагодженій роботі органів влади, аварійно-рятувальних служб і громадських організацій; охоплює управлінські, організаційні, рятувальні, медичні та гуманітарні заходи, спрямовані на захист населення, мінімізацію втрат і відновлення нормальних умов життєдіяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI (в редакції станом на 12.09.2025). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17/page1> (дата звернення: 17.02.2026).
2. Про затвердження Плану реагування на НС державного рівня : Постанова КМУ від 14 березня 2018 р. № 223 (в редакції від 03.05.2023 року). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/223-2018-%D0%BF#Text> (дата звернення: 14.02.2026).
3. Про затвердження Інструкції з організації реагування на заяви і повідомлення про кримінальні, адміністративні правопорушення або події та оперативного інформування в органах (підрозділах) НПУ : наказ МВС від 27.04.2020 року № 357 (в редакції від 14.06.2024). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0443-20#Text> (дата звернення: 19.02.2026).

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ

Бандурян Б. Б.¹, к.ф.-м.н.,

Ковалевський В. В.²,

Колосков В. Ю.³, к.т.н., доцент

¹*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України,*

²*Громадська організація «Національна асоціація кібербезпеки»,*

³*Національний університет цивільного захисту України*

Аналіз практики реагування на надзвичайні ситуації (НС) в Україні засвідчує загальну ефективність існуючої організаційної структури та механізмів управління. Водночас динаміка безпекового середовища зумовлює потребу подальшого вдосконалення системи.

Важливою складовою нормативної бази є Державний класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010, який забезпечує уніфікацію підходів до класифікації подій та прийняття управлінських рішень.

Чинна система реагування достатньо детально регламентує дії суб'єктів управління після виникнення НС різних рівнів. Водночас етап повсякденної діяльності, який передуює виникненню надзвичайної ситуації, залишається недостатньо формалізованим. Саме цей етап формує передумову ефективності подальшого реагування та ліквідації наслідків НС.

Зокрема:

- відсутні кількісні критерії оцінки стану безпеки;
- не визначено систему індикаторів зростання загроз;
- не формалізовано процедури превентивного управління ризиками.

Окремої уваги потребує нормативна регламентація надзвичайних ситуацій воєнного характеру, що виникають внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Наявні положення Кодексу потребують уточнення з урахуванням сучасного досвіду функціонування системи цивільного захисту в умовах воєнного стану.

Перспективним напрямком удосконалення системи реагування на НС є запровадження формалізованої моделі оцінки та управління станом безпеки на основі трьох груп потенціалів [1]:

– позитивний потенціал $P_{pos}(t)$ – ресурси та можливості, що підлягають нарощуванню;

– негативний потенціал $P_{neg}(t)$ – фактори ризику та загроз, що підлягають мінімізації;

– пасивний потенціал $P_{pas}(t)$ – параметри, статус яких не визначено або не формалізовано.

Організацію управління безпекою за зазначеною схемою пропонується здійснювати з урахуванням повної групи умов функціонування системи [2, 3]:

- повсякденна діяльність;
- надзвичайна ситуація;
- ліквідація наслідків НС.

При цьому оцінка стану безпеки має здійснюватися за єдиними критеріями [2], що забезпечує безперервність управлінського циклу та інтеграцію превентивного й реактивного компонентів.

$P_{pos}(t)$, $P_{neg}(t)$ є зваженими агрегатами, що визначаються за формулами

$$P_{pos}(t) = \sum_{i=1}^n \omega_i^+ + x_i^+(t); \quad (1)$$

$$P_{neg}(t) = \sum_{j=1}^n \omega_j^- + x_j^-(t), \quad (2)$$

де $x_i^+(t)$ – нормалізовані позитивні індикатори; $x_j^-(t)$ – нормалізовані негативні індикатори; ω_i^+ , ω_j^- – внутрішні ваги показників, визначені згідно методики [2].

Інтегральний показник стану безпеки визначається за формулою:

$$I_s(t) = \alpha P_{pos}(t) - \beta P_{neg}(t) + \gamma P_{pas}(t), \quad (3)$$

де коефіцієнти α та β визначені через чутливість інтегрального показника до переходу через критичну межу $I_s(t) = I_i^{crit}$ в точці критичного переходу [2]

$$\alpha = \frac{1}{\Delta P_{pos}^{crit}}; \quad \beta = \frac{1}{\Delta P_{neg}^{crit}}, \quad (4)$$

де ΔP_{pos}^{crit} – приріст позитивного потенціалу, необхідний для компенсації критичного зростання загрози; ΔP_{neg}^{crit} – приріст негативного потенціалу, що призводить до переходу в НС.

Таким чином, розвитком підходів, викладених у працях [1–3], є перехід від агрегування часткових критеріїв до формалізованого управління станом безпеки.

Висновки.

Удосконалення системи реагування на НС можливо і доцільно здійснювати шляхом формування інтегрованої моделі управління безпекою на основі трьох груп потенціалів та повної групи умов функціонування системи.

Реалізація зазначеного підходу потребує:

- експертного аналізу чинної нормативної бази;
- розроблення концепції вдосконалення системи реагування;
- формування кількісних критеріїв оцінки стану безпеки;
- підготовки відповідних змін до нормативно-правових актів.

Доцільним є залучення закладів вищої освіти та наукових установ системи цивільного захисту до розроблення методологічних і нормативних засад такого удосконалення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Цвайгов Д. Л. Формалізація оцінки та управління станом безпеки. Техногенно екологічна безпека. 2021. № 9(1/2021). С. 26–30. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.1.4.
2. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Цвайгов Д. Л. Критерії оцінки стану безпеки, Техногенно-екологічна безпека. 2021. № 10 (2/2021). С. 10–16. DOI: 10.52363/2522-1892.2021.2.2.
3. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В. Інформаційна вимірювальна система оцінки стану безпеки. Техногенно-екологічна безпека. 2022. № 11 (1/2022). С. 3–7. DOI: 10.52363/2522-1892.2022.1.1.

НАГРІВ РЕЗЕРВУАРА З НАФТОПРОДУКТОМ ПРИ ПОЖЕЖІ В КІЛЬКОХ РЕЗЕРВУАРАХ РЕЗЕРВУАРНОЇ ГРУПИ

*Басманов О. Є., д.т.н., професор,
Карпова Д. І.,
Бенедюк В. С.,
Зазимко О. В.,
Володченко М. А.*

Національний університет цивільного захисту України

В умовах воєнного часу основною причиною надзвичайних ситуацій на об'єктах зберігання нафти і нафтопродуктів є їх обстріли. Майже всі вони супроводжуються пожежами. Характерною особливістю пожеж в резервуарних парках є «ефект доміно», коли одна аварія створює умови для виникнення наступної. Важливою відмінністю від пожеж у мирний час є те, що внаслідок обстрілу може мати місце одночасне горіння в кількох резервуарах резервуарної групи, що призводить до збільшення величини теплового потоку до сусідніх резервуарів. В той же час згідно з нормативним документом [1] прогнозування розвитку пожежі в резервуарній групі спирається на експериментальні дослідження горіння одного резервуара із групи РВС-5000. Відповідно до Кодексу цивільного захисту України [2] реагування на надзвичайні ситуації включає в себе дії щодо локалізації зони надзвичайної ситуації, а також ліквідації або мінімізації її наслідків.

В [3] розглянуто пожежу в групі із чотирьох вертикальних сталевих резервуарів (РВС) і побудовано модель нагріву резервуара з нафтопродуктом під тепловим впливом пожежі в сусідніх резервуарах. Модель спирається на рівняння теплового балансу для стінки і покрівлі вертикального сталевого резервуара.

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = a_s \left(\frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T_1}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} \right) + \frac{q_1}{\delta_s c_s \rho_s}; \quad 0 \leq \varphi < 2\pi; \quad 0 < z < H, \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = a_s \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_2}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T_2}{\partial \varphi^2} + \operatorname{tg}^2 \beta \frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} \right) + \frac{q_2}{\delta_s c_s \rho_s}; \quad (2)$$

$$0 < r < R; \quad 0 \leq \varphi < 2\pi,$$

де $T_1(\varphi, z, t)$ – температура стінки у точці (φ, z) в момент часу t ; δ_s – товщина стінки; a_s, c_s, ρ_s – коефіцієнт теплопровідності, питома теплоємність і густина сталі відповідно; q_1, q_2 – щільності теплового потоку на стінку та покрівлю резервуара відповідно; R, H – радіус і висота резервуара; β – кут, який утворює конічна поверхня покрівлі з горизонтальною площиною.

Щільності теплового потоку на поверхню резервуара q_1 і q_2 визначаються сумою щільностей теплових потоків випромінюванням від пожежі, навколишнього середовища, внутрішньої поверхні стінки та покрівлі резервуара; конвекцією з навколишнім повітрям, пароповітряною сумішшю в газовому просторі резервуара (для частини стінки вище рівня нафтопродукту), рідиною в резервуарів (для частини стінки нижче рівня нафтопродукту).

З урахуванням симетрії для резервуарної групи з чотирьох резервуарів було розглянуто наступні ситуації:

– горіння одного з резервуарів;

- горіння двох сусідніх або двох розташованих по діагоналі резервуарів;
- горіння трьох резервуарів.

Основною небезпекою нагріву резервуарів, що не горять, є досягнення їх стінками або покрівлею температури самоспалахування парів рідини, що зберігається в резервуарі. Це може призвести до вибуху пароповітряної суміші у газовому просторі резервуара (якщо концентрація парів знаходиться між нижньою і верхньою концентраційним межами розповсюдження полум'я) або до горіння парів на виході з дихальних пристроїв (якщо концентрація парів перевищує верхню концентраційну межу розповсюдження полум'я). Розв'язання системи диференціальних рівнянь (1)–(2) з відповідними крайовими і початковими умовами дозволило визначити розподіл температури по поверхні резервуара в довільний момент часу. Це, в свою чергу, дало можливість оцінити час досягнення сталеною оболонкою резервуара небезпечних значень температури.

В якості прикладу було розглянуто сценарії пожежі в резервуарній групі з чотирьох резервуарів РВС-10000 (діаметр 28,5 м, висота 18 м) з бензином і визначено час, через який температурою стінки або покрівлі резервуара, що не горить, буде досягнуто значення 250 °С в залежності від напрямку і швидкості вітру. Показано, що вітер помірної швидкості, якої недостатньо для нахилу осі полум'я, призводить до збільшення теплового потоку до резервуара і зменшення часу досягнення ним небезпечних значень температури навіть тоді, коли напрям вітру не співпадає з напрямом від пожежі до резервуара. Зокрема, при швидкості вітру 2 м/с час досягнення температури самоспалахування парів бензину зменшується в приблизно в 1,5 рази порівняно з ситуацією, коли вітер відсутній. При швидкості вітру, достатньої для нахилу осі полум'я, час досягнення небезпечного значення температури значно зменшується, якщо вітер нахилиє полум'я в бік резервуара, що нагрівається. При швидкості вітру понад 4 м/с цей час зменшується в 2–3 рази.

Показано, що у випадку горіння двох резервуарів з резервуарної групи більш небезпечною є ситуація, коли горять два діагонально розташовані резервуари. Тепловий вплив пожежі в трьох резервуарах є подібним до теплового впливу пожежі в двох діагонально розташованих резервуарах, але час досягнення резервуаром, що не горить, критичних значень температури є в середньому на 20 % меншим. Побудована модель може бути використана для визначення частин стінки і покрівлі резервуара, які підлягають охолодженню, а також визначення граничного часу початку подачі води на охолодження

ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ 05.035 – 2004 Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами.
2. Кодекс цивільного захисту України. 2012.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
3. Басманов О. Є., Карпова Д. І., Бенедюк В. С., Зазимко О. В., Забаровський В. А. Модель нагріву резервуара з нафтопродуктом під впливом пожежі в кількох резервуарах резервуарної групи. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2025. № 2(20). С. 4–13. DOI: 10.33269/nvcz.2025.2.4-13.

ОСОБИВОСТІ ОПЕРАТИВНИХ ДІЙ З ОРГАНІЗАЦІЇ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ПОЛІГОНАХ ВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Белюченко Д. Ю., к.т.н.,

Іваненко Я. С.

Національний університет цивільного захисту України

У роботі досліджено особливості виникнення та розвитку пожеж на полігонах твердих побутових відходів як об'єктах підвищеної техногенно-екологічної небезпеки. Проведено аналіз структури тіла полігону, процесів утворення біогазу та факторів, що впливають на виникнення пожеж. Проаналізовано статистичні дані щодо кількості пожеж на сміттєзвалищах в Україні та визначено основні причини їх виникнення. Розглянуто сучасні методи ліквідації пожеж на полігонах ТПВ та проведення оперативних розгортань від пожежних автоцистерн [1,2], що застосовуються у світовій практиці, та визначено основні напрями підвищення пожежної безпеки таких об'єктів.

Зростання обсягів утворення твердих побутових відходів є однією з актуальних екологічних проблем сучасності. Полігони ТПВ залишаються основним способом їх утилізації в багатьох країнах, зокрема в Україні. Водночас такі об'єкти характеризуються підвищеним рівнем техногенної та екологічної небезпеки, що зумовлено можливістю виникнення пожеж, вибухів звалищного газу та забруднення навколишнього середовища.

Полігони твердих побутових відходів фактично функціонують як великомасштабні біологічні реактори. У результаті анаеробного розкладання органічної фракції відходів у товщі полігону утворюється звалищний газ (біогаз), який складається переважно з метану та діоксиду вуглецю.

Типовий склад біогазу становить: метан 40–60 %; діоксид вуглецю 30–45 %; азот, кисень, сірководень та інші гази 5–10 %.

Теплотворна здатність біогазу становить 18–25 МДж/м³, що свідчить про значний енергетичний потенціал даного ресурсу. Водночас метан є вибухонебезпечним газом, а межі вибухонебезпечності його суміші з повітрям знаходяться у діапазоні 5–15 %. Накопичення біогазу у порожнинах полігону може призводити до його самозаймання або займання від зовнішніх джерел. У разі виникнення пожежі відбувається інтенсивне виділення токсичних продуктів згоряння, що становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я населення.

Особливістю полігонів ТПВ є складна неоднорідна структура їхнього тіла. Внаслідок накопичення різноманітних відходів, недостатнього ущільнення та відсутності регулярного пересипання шарів ґрунтом у товщі полігону утворюються повітряні порожнини та канали. Через ці канали відбувається циркуляція повітря, що сприяє підтриманню процесів горіння та тління відходів.

Наявність пористої структури полігону, різноманітний склад горючих матеріалів та активні біохімічні процеси розкладання створюють умови для формування численних осередків тління, які можуть тривалий час залишатися непоміченими та призводити до виникнення масштабних пожеж.

Зростання кількості пожеж значною мірою пов'язане з незадовільним технічним станом більшості полігонів. За оцінками експертів, близько 99 % сміттєзвалищ в Україні не відповідають сучасним екологічним вимогам, а приблизно 25 % з них є перевантаженими. Аналіз причин виникнення пожеж на полігонах ТПВ показує, що: 57 % пожеж виникають у товщі відходів (підземні осередки тління); 13 % пожеж мають

поверхневий характер; 27 % пожеж спричинені антропогенними факторами, зокрема підпалами.

Складна структура та наявність «повітряних кишень». Тіло полігону не є однорідною масою. У ньому завжди присутні повітряні кишень та канали, які утворюються через складування великогабаритного сміття, недостатнього трамбування та відсутності проміжних шарів ґрунту. Ці канали розподіляють повітря всередині сміттєзвалища, підтримуючи процес горіння глибоко всередині. Структура полігону постійно змінюється, що додатково ускладнює роботу пожежно-рятувальних підрозділів. Таким чином, найбільшу небезпеку становлять підземні пожежі, які важко виявити та локалізувати. Особливості гасіння пожеж на полігонах твердих побутових відходів зумовлені специфічною структурою звалищного тіла, фізико-хімічними процесами всередині нього та складністю доступу до осередків горіння.

Поверхневі пожежі: охоплюють нещодавно поховане або неущільнене сміття у верхньому шарі аеробного розкладання. Характеризуються низькими температурами та виділенням щільного білого диму. Підземні (внутрішні) пожежі: найнебезпечніші і становлять близько 57 % всіх випадків. Вони відбуваються глибоко під поверхнею і можуть охоплювати відходи, поховані місяці чи роки тому. Їх вкрай важко виявити та локалізувати. Причиною часто стає підвищення рівня кисню, що активує бактерії, підвищує температуру («гарячі точки») і призводить до займання накопиченого метану.

Гасіння пожеж на полігонах ТПВ з використанням води вкрай складне і часто не дає бажаного результату з кількох причин: вода має подвійний вплив, вона може охолоджувати відходи, але водночас сприятиме зростанню температури у певних зонах. Через пористу структуру вода часто просто протікає крізь відходи, йдучи із зони тління, не досягаючи вогнища. Процес горіння на звалищах порівнюють із горінням вугільних пластів або торфовищ, світовий досвід свідчить, що традиційні методи пожежогасіння не завжди є ефективними для ліквідації пожеж на полігонах ТПВ. Згідно з дослідженнями, проведеними у США, найпоширенішими методами є:

- екскавація відходів, що горять – 40 % випадків;
- ізоляція осередку горіння шляхом засипання ґрунтом – 29 %;
- застосування води – 17 %;
- використання інших методів (піна, геомембрани, інертні гази) – близько 14 %.

Ефективність використання води часто є обмеженою через її швидке проникнення крізь пористу структуру відходів, що не забезпечує достатнього охолодження осередку горіння. Найбільш ефективним підходом вважається ізоляція осередку тління від доступу кисню, що досягається шляхом ущільнення та покриття відходів ґрунтом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Belyuchenko, D., Strelets, V., (2020). Multivariate as sessment of the effectiveness of the operational development of fire trucks in the face of industrial emergencies, *Municipal Economy of Cities, Series: Engineering science and architecture*. 3 156. 204–211. DOI: 10.33042/2522-1809-2020-3-156-204-211.

2. Бєлюченко Д., Луценко Т., Корчагін П., Маловик І., Стрілець В. Обґрунтування нормативів для оцінювання оперативних розгортань в засобах бронезахисту. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2024. № 1 (39). С. 25–39. DOI: 10.52363/2524-0226-2024-39-2.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ У ГІРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

Белюченко Д. Ю., к.т.н.,

Чередник Є. І.

Національний університет цивільного захисту України

Актуальність дослідження зумовлена зростанням кількості надзвичайних ситуацій, що виникають у важкодоступних місцях (висотні будівлі, промислові об'єкти, гірська місцевість, замкнуті простори, завали після вибухів та обстрілів). У таких умовах стандартні методи проведення рятувальних операцій є неефективними, що потребує залучення спеціалізованих підрозділів рятувальників-верхолазів та гірничо-рятувальних підрозділів із відповідною професійною підготовкою та сучасним технічним спеціальним верхолазним та спорядженням та оснащенням для альпінізму. Метою аналізу є узагальнення міжнародного досвіду організації, підготовки та застосування підрозділів висотного рятування в провідних країнах світу з метою визначення ефективних підходів до підвищення безпеки та результативності проведення висотно-рятувальних робіт.

Система висотного рятування у Польщі побудована за принципом функціонального розподілу між міськими (Державна пожежна служба – PSP) та гірськими підрозділами (GOPR, TOPR). У складі PSP діють спеціалізовані групи висотного рятування (SGRW).

Підготовка рятувальників включає:

- медичний, фізичний та психологічний відбір;
- спеціалізоване навчання у профільних центрах;
- відпрацювання мотузкових систем, анкерування, евакуації постраждалих;
- підготовку до роботи в складних погодних умовах та взаємодії з авіацією;
- регулярні тренування та міжнародні навчання.

Щорічно в Польщі виконується близько 2,5–3,5 тис. рятувальних операцій на висоті та в умовах гірської місцевості. Водночас виявлено проблемні аспекти: нерівномірне матеріально-технічне забезпечення регіонів, відсутність постійних спеціалізованих груп у деяких воєводствах, обмеженість фінансування та складність міжвідомчої координації.

Франція характеризується високим рівнем інтеграції цивільних і військових структур у сфері висотного та гірського рятування. Основними підрозділами є GRIMP, PGHM та SDIS. Професійна підготовка передбачає:

- жорсткий конкурсний відбір;
- понад 600 годин практичної підготовки;
- тренування на природних та штучних висотах;
- активне використання вертолітної евакуації;
- систематичну міжвідомчу взаємодію.

Щорічно у Франції проводиться орієнтовно 3,5–4,5 тис. рятувальних операцій із застосуванням спеціального верхолазного спорядження для альпінізму рятувальними групами. Характерною особливістю є широке використання авіації, сучасних страхувальних систем, цифрових навігаційних засобів та безпілотних літальних апаратів.

У Великобританії висотно-рятувальні роботи виконуються пожежно-рятувальними службами (FRS), підрозділами Urban Search and Rescue (USAR), гірськими добровольчими командами (MREW) та спеціалізованими Rope Rescue Teams. Підготовка базується на:

- багаторівневий технічній підготовці;
- сертифікації за міжнародними стандартами (IRATA тощо);

- регулярних реалістичних тренуваннях на спеціалізованих полігонах;
- відпрацюванні дій у замкнутому просторі;
- застосуванні сучасних технологій (БПЛА, тепловізори, цифрові карти).

Щороку виконується декілька тисяч операцій, пов'язаних із висотними умовами та гірської місцевості. Висока інтеграція служб забезпечує оперативність реагування та належний рівень безпеки.

У США висотні рятувальні роботи є складовою системи технічного рятування та здійснюються відповідно до національних стандартів (NFPA, OSHA, SPRAT, NASAR). Підготовка має багаторівневий характер і включає:

- попередню медичну кваліфікацію (EMT або парамедик);
- навчання у пожежних академіях;
- спеціалізацію Rope Rescue Technician;
- відпрацювання складних анкерних і поліспастичних систем;
- тактичні сценарії рятування та тренування з авіаційною підтримкою.

Рівень успішності операцій у міських умовах перевищує 95 %, що досягається завдяки стандартизованим процедурам, постійним тренуванням і тісній інтеграції з медичною службою. Міжнародний досвід свідчить, що ефективність висотно-рятувальних робіт визначається такими чинниками:

- високий рівень професійної підготовки та безперервний цикл навчання;
- наявність сучасного сертифікованого спеціального оснащення;
- чітке планування операції та оцінка ризиків;
- дотримання стандартів безпеки та ієрархії захисту.

Системи захисту від падіння поділяються на пасивні та активні. Активні системи включають стримування, позиціонування та зупинку падіння із застосуванням анкерних точок, з'єднувальних елементів і універсальних страхувальних систем. Особливу увагу приділяють роботам у замкнутому просторі. Запропоновані поетапні алгоритми (розвідка, усунення небезпек, доступ до постраждалого, надання допомоги, евакуація) дозволяють мінімізувати ризики та підвищити безпеку рятувальників і потерпілих.

Провідні країни світу реалізують комплексний підхід до організації висотно-рятувальних робіт, що поєднує: професійну багаторівневу підготовку; стандартизацію процедур; сучасне технічне оснащення; інтеграцію служб та авіаційної підтримки; систематичне тренування в умовах, максимально наближених до реальних. Імплементация зазначених підходів у національну систему підготовки рятувальників-верхолазів сприятиме підвищенню рівня безпеки, ефективності реагування та зменшенню ризиків під час проведення висотно-рятувальних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белюченко Д. Ю., Стрілець В. М., Максимов А. В. Порівняльна оцінка різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт. *Problems of Emergency Situations*. 2023. № 38. С. 80–95. DOI: 10.52363/2524-0226-2023-38-6
2. Белюченко Д. Ю., Амлин Б. В. Особливості підготовки рятувальників-верхолазів до проведення висотно-рятувальних робіт : зб. Міжнародна науково-практична конференція «Problems of Emergency Situations». Черкаси : НУЦЗУ, 2025. С. 216–217.

ІНЖЕНЕРНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІСПАСТНИХ СИСТЕМ У РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Белюченко Д. Ю., к.т.н.,

Щербина Р. Г.,

Чеголя А. В.

Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах діяльності підрозділів ДСНС України виконання аварійно-рятувальних робіт часто супроводжується необхідністю переміщення значних вантажів, деблокування постраждалих та проведення евакуаційних заходів у складних і небезпечних середовищах. До таких умов належать зруйновані будівлі, замкнені простори, шахти, колодязі, а також висотні об'єкти [1]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває використання технічних засобів, що дозволяють мінімізувати фізичне навантаження на особовий склад та підвищити ефективність виконання завдань. Одним із таких засобів є поліспасти системи.

Поліспасти системи являють собою комбінації блоків і канатних елементів, які мають єдиний ступінь свободи, що забезпечує однозначний зв'язок між переміщеннями всіх елементів системи. У структурі поліспасти виділяють вхідний елемент, через який прикладається сила або енергія, та вихідний елемент, до якого під'єднується навантаження. Основною метою застосування поліспасти системи є отримання більшої сили на виході порівняно з вхідною силою, що дозволяє виконувати роботи з меншими витратами фізичних ресурсів. Поліспасти системи загалом являють собою будь-які комбінації блоків і канатних елементів. Ще одна мінімальна вимога до систем блоків може полягати в тому, що вони мають єдиний ступінь свободи, що означає, що положення всіх елементів однозначно пов'язані один з одним, особливо з положенням певного елемента, який тут називається вхідним елементом. Вхідний елемент – це той елемент, через який сила/енергія прикладається до системи.

У практиці аварійно-рятувальних робіт підрозділи ДСНС застосовують різні типи поліспасти систем залежно від поставлених завдань. Найпростішими є системи з механічною перевагою 2:1 або 3:1, які характеризуються швидкістю розгортання та мінімальними вимогами до спорядження. Вони широко використовуються під час евакуації постраждалих із колодязів, траншей або інших обмежених просторів. Для виконання більш складних завдань, таких як підняття важких конструкцій або деблокування транспортних засобів, застосовуються системи з механічною перевагою 4:1, 5:1 або більше. У складних випадках використовуються комбіновані поліспасти системи, що дозволяють досягти значного виграшу в силі, однак потребують більше часу на монтаж і високого рівня підготовки особового складу.

Іншим спеціальним елементом поліспасти системи є вихідний елемент, до якого підключається навантаження. Призначення систем блоків – мати більшу силу на вихідному елементі (F_0), ніж на вхідному елементі (F_1). Відношення F_0 до F_1 називається механічною перевагою, M/A .

Ідеальна M/A базується на припущенні, що ККД усіх блок-роликів дорівнює 1, тобто кожен блок фактично подвоює силу. Тут термін «ідеальний» часто пропускається для стислості. Будь-яку реальну M/A можна назвати «ефективною M/A ». Його можна або виміряти, приєднавши тензодатчики до вхідних і вихідних елементів, або розрахувати. Термін «розрахована M/A » особливо використовується в останньому випадку. Ідеальна

M/A для показаного вище V становить 2:1, а розрахована M/A може бути, наприклад, $F+PF$, як зазначено, або $1+P$, якщо представлено як коефіцієнт множника сили. Співвідношення ефективна M/A до ідеальної M/A є ефективністю системи блоків. На рисунку нижче показано простий (в ідеалі) 3:1, також відомий як Z-rig. Блоки позначені P1 і P2. Праворуч вона розділена на елементи. Є кілька корисних способів зробити це.

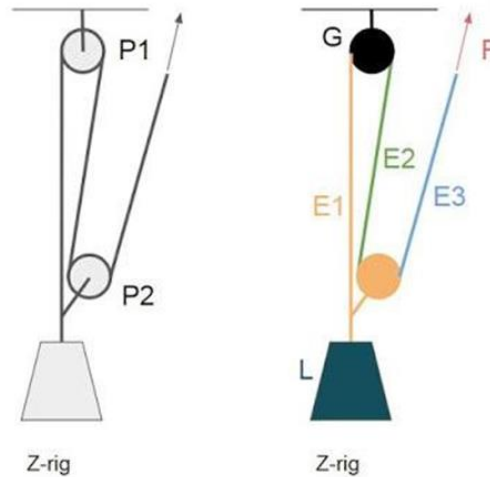


Рисунок 1 – Проста поліспадна система у відношенні 3:1

В ідеалі всі канатні елементи поліспадної системи є колінеарними, хоча з практичних міркувань це не так насправді і тим більше на схематичних зображеннях. Тобто, коли вхідний елемент тягнеться, кожен елемент рухається вгору або вниз. У даному прикладі можна сказати, що елементи, що рухаються вгору, мають позитивний напрямок, а ті, що рухаються вниз, мають негативний напрямок. Стаціонарний елемент G (земля) у цьому сенсі нейтральний. Якщо вхідний і вихідний елементи мають різні напрямки, система блоків змінює напрямок. Особливістю використання поліспаств у діяльності ДСНС є необхідність врахування специфічних умов роботи [2]. До них належать обмежений час на розгортання системи, складний рельєф місцевості, відсутність надійних точок закріплення, а також підвищений рівень небезпеки для життя та здоров'я рятувальників і постраждалих. У таких умовах важливим є правильний вибір конфігурації поліспаства, який забезпечує оптимальне співвідношення між механічною перевагою та швидкістю розгортання.

Окрему увагу слід приділити питанням безпеки використання поліспастих систем. Зокрема, необхідно застосовувати сертифіковане спорядження, регулярно перевіряти технічний стан блоків і канатів, не перевищувати допустимі навантаження, а також використовувати страхувальні та дублюючі системи. Недотримання цих вимог може призвести до аварійних ситуацій і створити додаткову загрозу для учасників рятувальних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белюченко Д. Ю., Стрілець В. М., Максимов А. В. Порівняльна оцінка різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт. *Problems of Emergency Situations*. 2023. № 38. С. 80–95. DOI: 10.52363/2524-0226-2023-38-6.
2. Белюченко Д. Ю., Амлин Б. В. Особливості підготовки рятувальників-верхолазів до проведення висотно-рятувальних робіт. *Problems of Emergency Situations* : зб. Міжнародна науково-практична конференція 14 травня 2025 м. Черкаси: НУЦЗУ, 2025. С. 216–217.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАГУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ УКРАЇНИ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Білик В. М., к.ю.н., доцент
Національна академія внутрішніх справ*

В умовах збройної агресії російської федерації проти України та запровадження воєнного стану на всій території держави особливого значення набуває ефективність реагування підрозділів Національна поліція України на надзвичайні ситуації (далі – НС). Трансформація безпекового середовища, поєднання воєнних загроз із техногенними, природними та соціальними чинниками ризику зумовлюють необхідність удосконалення організаційно-правових і тактичних засад діяльності поліції в особливий період.

Правовою основою реагування підрозділів поліції на НС в умовах воєнного стану є, передусім, положення Конституція України [1], закони України «Про правовий режим воєнного стану» [2], «Про Національну поліцію» [3], «Кодекс цивільного захисту України» [4], а також підзаконні нормативно-правові акти МВС України. Введення воєнного стану відповідно до Указу Президента України та його затвердження Верховною Радою України зумовлює розширення повноважень органів сектору безпеки й оборони, у тому числі поліції, та встановлення тимчасових обмежень конституційних прав і свобод громадян [1].

Особливістю реагування підрозділів поліції на НС у період воєнного стану є багатовекторність завдань. На відміну від мирного часу, коли діяльність поліції у сфері цивільного захисту має допоміжний і координаційний характер, в умовах війни вона набуває комплексного характеру, поєднуючи функції публічної безпеки, контрдиверсійної діяльності, документування воєнних злочинів, евакуаційних заходів, забезпечення режиму комендантської години, контролю за дотриманням спеціальних режимних обмежень [3].

Надзвичайні ситуації в умовах воєнного стану мають специфічну природу. Значна їх частина є наслідком бойових дій: ракетні удари по об'єктах критичної інфраструктури, руйнування житлового фонду, пожежі, техногенні аварії, витoki небезпечних речовин. У таких умовах реагування поліції здійснюється у тісній взаємодії з підрозділами ДСНС, органами місцевого самоврядування, військовими адміністраціями та Збройними Силами України [4].

Важливим елементом є запровадження спеціальних алгоритмів реагування на сигнали повітряної тривоги, обстріли та інші загрози. Поліцейські екіпажі повинні одночасно забезпечувати власну безпеку, безпеку громадян та збереження доказової бази щодо фактів воєнних злочинів. Це потребує належного рівня підготовки, матеріально-технічного забезпечення (бронежилети, каски, індивідуальні аптечки, засоби зв'язку), а також психологічної стійкості особового складу.

Суттєвою особливістю є необхідність фіксації та документування наслідків обстрілів, руйнувань і жертв серед цивільного населення. Підрозділи слідства та криміналістичного забезпечення поліції здійснюють огляди місць події, збір речових доказів, фото- і відеофіксацію, що в подальшому використовуються для кваліфікації злочинів за статтями Кримінального кодексу України, зокрема щодо порушення законів та звичаїв війни [5].

У контексті воєнного стану особливої ваги набуває превентивна складова діяльності поліції. Йдеться про протидію мародерству, диверсійно-розвідувальним групам, незаконному обігу зброї, поширенню панічних настроїв і дезінформації. Поліція реалізує посилені заходи патрулювання, встановлення блокпостів, перевірку документів,

контроль за дотриманням комендантської години, що передбачено чинним законодавством [2, 3].

Важливою складовою реагування є забезпечення прав і свобод людини навіть в умовах їх тимчасового обмеження. Застосування поліцейських заходів примусу має відповідати принципам законності, необхідності, пропорційності та ефективності. Контроль за дотриманням прав людини під час затримань, перевірок, евакуацій та інших дій є обов'язковим елементом діяльності поліції [3].

В умовах воєнного стану посилюється роль комунікації з населенням. Оперативне інформування про обмеження, маршрути евакуації, правила поведінки під час обстрілів сприяє зниженню рівня паніки та підвищенню довіри до правоохоронних органів. Використання офіційних вебресурсів, соціальних мереж, співпраця з медіа є важливими інструментами забезпечення публічної безпеки.

Аналіз практики реагування підрозділів поліції на НС у 2022–2025 роках дозволяє виокремити низку проблемних аспектів: недостатність матеріально-технічного забезпечення в окремих регіонах; складність логістики в умовах руйнування транспортної інфраструктури; підвищений рівень психологічного навантаження; необхідність постійного оновлення алгоритмів дій з урахуванням змін тактики противника. Подолання зазначених проблем можливе шляхом системного оновлення нормативної бази, посилення міжнародної співпраці, впровадження сучасних інформаційних технологій та розвитку системи професійної підготовки.

Таким чином, особливості реагування підрозділів Національної поліції України на надзвичайні ситуації в умовах воєнного стану визначаються поєднанням правоохоронних, безпекових і гуманітарних функцій; розширенням повноважень та відповідальності; необхідністю забезпечення балансу між безпекою держави і правами людини; підвищеними вимогами до координації та професійної підготовки особового складу. Подальше вдосконалення механізмів реагування має ґрунтуватися на принципах законності, міжвідомчої взаємодії, адаптивності та орієнтації на потреби населення в умовах тривалої воєнної загрози.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України від 28.06.1996. Дата оновлення: 01.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 19.02.2026).
2. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12.05.2015. № 389-VIII. Дата оновлення: 14.05.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text> (дата звернення: 28.02.2026).
3. Про Національну поліцію : Закон України від 02.07.2015. № 580-VIII. Дата оновлення: 15.02.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/580-19> (дата звернення: 28.02.2026).
4. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012. № 5403-VI. Дата оновлення: 15.02.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17> (дата звернення: 28.02.2026).
5. Кримінальний Кодекс України від 05.04.2001. Дата оновлення: 17.07.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (дата звернення: 28.02.2026).

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМАТИКИ РОЗМІНУВАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ТА ДЕОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Будяцький В. Л.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Повномасштабне вторгнення РФ в Україну принесло кардинальні зміни щодо ведення сучасних бойових дій та нові виклики щодо проведення розмінування на деокупованих територіях. Використання ворогом великої номенклатури боєприпасів та саморобних вибухових пристроїв, становить високу небезпеку для фахівців сфери розмінування, особливо під час розмінування населених пунктів.

Проведення очищення відкритих територій від вибухонебезпечних предметів за процедурою є менш небезпечним, більш прогнозованим та очевидним процесом, адже наявність демаскуючих ознак та слідування чітко встановленій процедурі щодо розмінування тієї чи іншої ділянки місцевості з різним видом встановленої загрози, є сталою та містить чіткі інструкції щодо ймовірних сценаріїв розвитку подій під час виявлення різних типів та моделей боєприпасів.

Більш небезпечним є проведення розмінування населених пунктів. Велика кількість та щільність металевих предметів та конструкцій створюють серйозні перешкоди для роботи штатних металодетекторів, а наявність будівель, споруд, асфальтованих доріг та різнотипних об'єктів при високій щільності мінування призводить до більш складних та небезпечних умов проведення розмінування таких територій.

До існуючих проблем, щодо виявлення вибухонебезпечних предметів, додається і висока вірогідність мінування споруд об'єктними мінами, саморобними вибуховими пристроями та фугасами, встановлених у керованому варіанті виконання, що може нести додаткову загрозу для груп розмінування.

Після деокупації та відступу однієї зі сторін з територій та об'єктів населеного пункту задля нанесення найбільших втрат ворожій стороні, порушення логістики, унеможливлення використання будівель у військових цілях та сповільнення просування військ, силами, які відступили з займаного населеного пункту ці об'єкти підлягатимуть щільному мінуванню.

Через використання різних варіантів керування встановленими фугасами, одним із яких є використання зв'язку за допомогою радіохвиль або мобільного телефону створюється висока вірогідність підриву особового складу груп розмінування, що виконують роботи у деокупованому населеному пункті.

Задля підвищення безпеки особового складу та захисту від імовірного використання ворогом боєприпасів та саморобних вибухових пристроїв, встановлених у керованому варіанті та організації роботи груп розмінування, пошук та виявлення вибухонебезпечних предметів повинно проводитися під прикриттям стійкими засобами радіоелектронної боротьби. Це дозволить унеможливити керування пристроями у дистанційному керованому варіанті особливо під час проведення процедури очищення будівель.

На сьогоднішній день відсутня комплексна процедура, щодо очищення населених пунктів від вибухонебезпечних предметів та саморобних вибухових пристроїв, це ускладнює процеси прийняття рішень, сповільнює темпи просування та очищення територій. Задля вирішення поставлених задач, підвищення безпеки особового складу та приведення процедури розмінування до уніфікованого стандарту пропонується розробити методику проведення розмінування населених пунктів, з погодженням зон

відповідальності між силовими структурами та координації між підрозділами розмінування.



Рисунок 1 – Мінування херсонської будівлі СБУ міною-пасткою [1]

Наступним етапом вирішення проблеми буде впровадження у нормативні документи та стандартні операційні процедури методики проведення очищення від вибухонебезпечних предметів та саморобних вибухових пристроїв населених пунктів. Це підвищить безпеку особового складу та темпів розмінування одних із найбільш складних до очищення територій.

Проведений аналіз проблематики розмінування населених пунктів показав, що на сьогоднішній день існує гостра потреба в розробці та подальшому впровадженні методики розмінування населених пунктів для груп розмінування. Це допоможе покращити безпеку особового складу на відповідному рівні, підвищити ефективність проведення розмінування найбільш складних територій, таких як населені пункти.

ЛІТЕРАТУРА

1. «Міна під принтером»: військові показали «сюрпризи» від росіян у будівлі СБУ в Херсоні (відео). Chas.News. chas.news. URL: <https://chas.news/news/mina-pid-printerom-viiskovi-pokazali-syurprizi-vid-rosiyan-u-budivli-sbu-v-hersoni-video> (дата звернення: 17.02.2026).

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ УДОСКОНАЛЕНОГО СКЛАДУ

Вержак В. В.,

Виноградов С. А., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Надзвичайні ситуації техногенного характеру, зокрема пожежі на промислових об'єктах та внаслідок аварій із розливом нафтопродуктів, становлять значну загрозу для життя людей та інфраструктури, особливо в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови України. Попередні дослідження підтвердили перспективність компресійної піни (CAFS) як засобу гасіння пожеж класів А та В – зокрема її підвищену адгезію, знижену витрату води та ефективність підшарового подавання [1, 2]. Разом із тим, аналіз наукових джерел засвідчує, що базовий склад компресійної піни не забезпечує достатньої термічної стійкості та стійкості до повторного займання в умовах інтенсивних техногенних пожеж.

Метою роботи є обґрунтування та експериментальна перевірка удосконаленого складу компресійної піни, модифікованої гелеутворювальними речовинами, для підвищення ефективності реагування підрозділів ДСНС на надзвичайні ситуації техногенного характеру.

Наукова позиція полягає в тому, що введення гелеутворювальних добавок – зокрема ксантанової камеді, карбоксиметилцелюлози або суперабсорбуючих полімерів на основі поліакрилатів – до складу розчину піноутворювача дозволяє суттєво покращити реологічні та вогнегасні властивості компресійної піни. Збільшення в'язкості рідкої фази уповільнює процес дренажу, підвищує адгезію пінного покриву до вертикальних та похилих поверхонь і забезпечує триваліший тепловий захист порівняно з немодифікованою піною [3, 4].

У рамках дослідження проведено порівняльні випробування компресійної піни на основі стандартного піноутворювача та його модифікованих варіантів із вмістом гелеутворювача 0,1–0,5 % мас. Оцінювалися кратність, стійкість, час дренажу, адгезійні характеристики та вогнегасна здатність при гасінні модельних вогнищ класу А і В. Попередні результати свідчать, що введення ксантанової камеді у концентрації 0,3 % мас. забезпечує збільшення часу 50 %-го дренажу піни на 35–40 % та підвищення стійкості пінного покриву при температурному впливі, що позитивно позначається на вогнегасній ефективності. Додаткове дослідження силікагелевих пінних систем із антипіренами [5] підтверджує загальну перспективність гелевих матриць для підвищення термічної стійкості вогнегасних речовин.

Очікується, що результати дослідження дозволять визначити оптимальний склад модифікованої компресійної піни для гасіння пожеж класів А та В, обґрунтувати раціональні концентрації гелеутворювачів і надати практичні рекомендації для впровадження в оперативну діяльність підрозділів ДСНС. Застосування удосконаленого складу сприятиме скороченню часу ліквідації пожеж, зниженню витрат вогнегасних речовин та мінімізації ризику повторного займання на об'єктах підвищеної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Великий Н. Р., Ковалишин В. В., Войтович Т. М., Пастухов П. В. Дослідження стійкості та кратності компресійної піни. Пожежна безпека. 2023. № 43. С. 34–40. DOI: 10.32447/20786662.43.2023.05.

2. Великий Н. Р., Ковалишин В. В., Войтович Т. М., Sorochych M. Засоби отримання та перспективи застосування компресійної піни. Пожежна безпека. 2021. № 39. DOI: 10.32447/20786662.39.2021.11.

3. Кодрик А. І. та ін. Звіт про НДР «Розроблення нових рецептур концентратів водної вогнегасної речовини з підвищеною вогнегасною здатністю шляхом їх модифікації новітніми гелеутворюючими речовинами». Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2024. 226 с.

4. Жартовський С. В. Виявлення впливу хімічного складу водних вогнегасних речовин на їх вогнегасну ефективність під час гасіння вогнищ класу А: міжнар. наук.-практ. конф. «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації НС». Черкаси, 2016. С. 46–49.

5. Du, W., Luo, J., Zhu, H., Yan, M. (2025). Enhanced fire prevention and fire extinguishing performances of silica gel foam containing ammonium polyphosphate. *Colloids and Surfaces A*. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2025.138951.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДЙОМУ ПО ПІДВІШЕНІЙ ШТУРМОВІЙ (ГАКОВІЙ) ДРАБИНІ

Веселівський Р. Б., к.т.н., доцент,

Смоляк Д. В., PhD,

Антошків Ю. М., к.фіз.вих.,

Малихін М. М.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Пожежно-технічне оснащення – це комплект технічних засобів, який складається з пожежного устаткування, переносного пожежного інструменту, пожежних рятувальних пристроїв, засобів індивідуального захисту пожежника, вогнегасників, якими оснащують пожежний транспортний засіб [1].

Ручні пожежні драбини, зокрема штурмова, що забезпечує можливість здійснення підйому «ланцюгом», комбінованого підйому, підйому по зовнішніх та внутрішніх стінах будівель, виконання робіт на дахах, що мають великий кут нахилу, є незамінними при проведенні особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів оперативних дій за призначенням. Відповідно, відпрацюванню вправ із ручними пожежними драбинами, зокрема виконанню навчальної вправи: «Підйом по підвішеній штурмовій драбині у вікно 4-го поверху навчальної башти», приділяється особлива увага при проведенні занять зі спеціальної підготовки в системі професійної підготовки рятувальників. Слід наголосити, що на ефективність використання пожежно-технічного оснащення будуть мати вплив багато чинників, зокрема: рівень підготовки особового складу, умови навколишнього середовища (температура), алгоритм виконання вправи, а також умови проведення робіт [2–6].

При аналізі нормативів виконання навчальних вправ із спеціальної та фізичної підготовки [7], встановлено відсутність відповідної чіткої методики виконання навчальної вправи: «Підйом по підвішеній штурмовій драбині у вікно 4-го поверху навчальної башти».

Зважаючи на поширеність використання ручних пожежних драбин, зокрема штурмових (гакових) драбин, дослідження спрямовані на встановлення ефективних та безпечних способів підйому по штурмовій (гаковій) драбині є актуальним завданням.

Для дослідження способів здійснення підйому по штурмовій (гаковій) драбині необхідно провести практичні відпрацювання (тестування) з різними групами здобувачів освіти, рівнозначних медико-вікових груп та рівня фізичної підготовленості. Пропонується сформулювати групи з 20 осіб та в однакових умовах виконати навчальну вправу: «Підйом по підвішеній штурмовій драбині у вікно 4-го поверху навчальної башти» трьома способами (№ 1 (ліва нога), № 2 (права нога), № 3 (спортивний)) та встановити найбільш ефективний та безпечний спосіб [8].

Перед заліковим оцінюванням необхідно проводити тренування в літній період, протягом двох місяців (два тренування на тиждень) тривалістю 90 хв. кожне. Після виконання циклів тренувань провести підсумкове оцінювання результатів виконання вправи.

Основними показником оцінювання результатів є час виконання вправи [7] та наступні критерії:

- правильне положення драбини перед початком підйому та надійна фіксація гака за підвіконник (драбина повинна утримуватись міцно гаком за підвіконня);
- правильний захват драбини руками та черговість рухів при підйомі;

- при підйомі руками необхідно працювати тільки по щаблях (охоплювати пальцями рук щаблі а не тятиви);
- пропуск або неправильне використання сходинок (перестрибування, нестійка опора);
- правильне розташування корпусу тіла відносно стіни (не допускається відхилення або притискання корпусу тіла);
- рівновага під час підйому або підкидання драбини вгору, правильне положення ніг при посадці на підвіконник, правильна робота руками при переході через підвіконник;
- правильне виконання підйому на наступні поверхи (драбина повинна утримуватись під контролем);
- правильне положення корпусу під час закінчення підйому (положення корпусу тіла, захід у вікно);
- не допущення розвороту або перекидання драбини під час викидання гака;
- не допущення порушення правил безпеки (робота без страховки, неухважність при виконанні вправи, необережне пересування біля віконного прорізу).

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 01-04-2007]. Київ : Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки (УкрНДПБ) МНС України, 2006.
2. Веселівський Р. Б., Клим'юк М. М., Панчишин Ю. І., Смоляк Д. В. Вдосконалення способу змотування мотузки пожежної рятувальної в клубок. Пожежна безпека. 2023. № 42. С. 23–31. DOI: 10.32447/20786662.42.2023.03.
3. 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 ЛДУБЖД. 2021. № 24. С. 66–73. DOI: 10.32447/20784643.24.2021.08.
4. Смоляк Д. В., Баран Ю. С. Методика використання системи поліспаствів для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт в обмеженому просторі (підземних колекторах, колодязях). Пожежна безпека. 2019. № 35. С. 69–74. DOI: 10.32447/20786662.35.2019.11.
5. Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В., Поліщук І. М., Петренко А. А. Дослідження ефективності способів закріплення рятувальної мотузки за конструкцію. Пожежна безпека. 2025. № 46. С. 20–29. DOI: 10.32447/20786662.46.2025.02.
6. Khalep, V., Veselivskyi, R., Smoliak, D. (2025). Recommendations for developing a systematic analysis of the mountaineering activity of the work of an instructor for the training of special purpose units personnel for mountainous areas operations. Honor and Law. (4 (95). 143–152. URL: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2025/95/4/353414>.
7. Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту : наказ МВС України від 15.06.2017 р. №511. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-17#Text> (дата звернення: 16.04.2025).
8. Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В., Поліщук І. М., Антошків Ю. М., Бушуєв О. А., Халеп В. В. Дослідження способів здійснення підйому по підвішеній штурмовій (гаковій) драбині. Вісник ЛДУБЖД. 2025. № 32. С. 179–189. DOI: 10.32447/20784643.32.2025.15.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ЗАКРІПЛЕННЯ РЯТУВАЛЬНОЇ МОТУЗКИ ЗА КОНСТРУКЦІЮ

Веселівський Р. Б., к.т.н., доцент,

Смоляк Д. В., PhD,

Поліщук І. М.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Упродовж 2025 року в Україні зареєстровано 99 298 пожеж. Порівняно з 2024 роком кількість пожеж зменшилася на 5,6 %, що відбулося, насамперед, за рахунок зменшення кількості пожеж на відкритих територіях та у будинках та спорудах житлового призначення, питома вага яких разом становить 86,0 % від їх загальної кількості.

Унаслідок пожеж загинуло 1 725 людей, у тому числі загинуло 52 дитини. 2129 людей отримали травми, у тому числі травмовано 158 дітей.

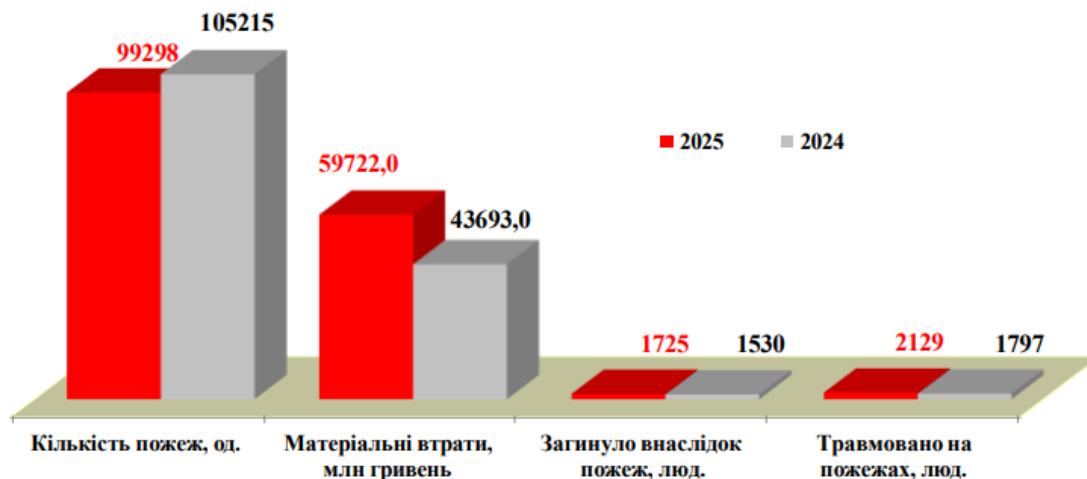


Рисунок 1 – Основні показники, що характеризують стан із пожежами в державі у 2025 році порівняно з 2024 роком

Матеріальні втрати від пожеж склали 59 млрд 722 млн 171 тис. грн (із них прями збитки становлять 52 млрд 665 млн 237 тис. грн; побічні – 7 млрд 056 млн 934 тис. грн). Кількість знищених і пошкоджених будинків становить 33806 одиниць [1].

На основі статистичних даних стану з пожежами в Україні та викликів сьогодення, а саме військової агресії з сторони російської федерації можна зробити висновки, що підготовка особового складу пожежно-рятувальних підрозділів повинна проводитися на високому рівні з постійним вдосконаленням, відповідаючи реаліям сьогодення.

Одним з елементів підготовки пожежних-рятувальних підрозділів є навчальні вправи з рятувальною мотузкою. Мотузка пожежна рятувальна (далі мотузка) [1], призначена для використання при проведенні рятувальних робіт на висоті [2], саморятування пожежника, роботи в обмеженому просторі [3], організації страхування при роботі в безпорному просторі та при проведенні інших аварійно-рятувальних робіт на висоті. Для ефективного застосування мотузки пожежної рятувальної, у кожному з вищезазначених випадках, необхідне її швидке та надійне закріплення за конструкцію (опору). Для закріплення мотузки за конструкцію використовують багато вузлів, таких як: «булінь», «провідник вісімка», «штик», «пикетний вузол», «лисельний вузол», «глуха петля», «констриктор»,

«рифовий вузол», «кур'єрський вузол», «вузол Маршара», «вузол Бахмана», «Гарда» та інші [4]. Дані типи вузлів, у своїй діяльності використовують альпіністи, скелезази, рятувальники, верхолази, працівники комунальних підприємств та інші спеціалісти, діяльність яких пов'язана з роботою на висоті.

Слід відмітити, що особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів (частин), при виконанні рятувальних робіт на висоті, а також для здійснення саморятування, в основному використовують 4-и способи закріплення рятувальної мотузки за конструкцію, які регламентовані [5]. Дані способи показали свою ефективність, і використовуються українськими пожежниками декілька десятиліть. В порівнянні з вузлами, що наведені у [4], вони є простими у в'язанні та досить надійні. Проте нормативний час навчальної вправи «закріплення рятувальної мотузки за конструкцію», що максимально складає 5 с, є складним, а поспіх виконання призводить до неправильного в'язання та ненадійності вузла. Також слід зауважити, що на правильність та швидкість виконання даної вправи буде впливати рівень підготовки особового складу та температура навколишнього середовища (зимовий/літній період).

Враховуючи важливість правильного та надійного закріплення мотузки за конструкцію (опору), що буде мати безпосередній вплив на ефективність роботи рятувальника та якість виконання професійних обов'язків [6], необхідно обґрунтувати значення нормативного часу виконання навчальної вправи «закріплення рятувальної мотузки за конструкцію».

Подальші дослідження щодо обґрунтувати значення нормативного часу виконання навчальної вправи «закріплення рятувальної мотузки за конструкцію» будуть спрямовані на встановлення залежності часу виконання вправи від рівня підготовки особового складу та температури навколишнього середовища (зимовий/літній період).

ЛІТЕРАТУРА

1. Веселівський Р. Б., Клим'юк М. М., Панчишин Ю. І., Смоляк Д. В. Вдосконалення способу змотування мотузки пожежної рятувальної в клубок. Пожежна безпека. 2023. № 42. С. 23–31. DOI: 10.32447/20786662.42.2023.03.
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 ЛДУБЖД. 2021. № 24. С. 66–73. DOI: 10.32447/20784643.24.2021.08.
3. Смоляк Д. В., Баран Ю. С. Методика використання системи поліспаств для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт в обмеженому просторі (підземних колекторах, колодязях). Пожежна безпека. 2019. № 35. С. 69–74. DOI: 10.32447/20786662.35.2019.11.
4. Типи вузлів і петель: Довідник для працівників правоохоронних органів / В. Ю. Шепітько, Г. К. Авдєєва, С. В. Волобуєва та ін. Х.: Право, 2007. 116 с.
5. Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту : наказ МВС України від 15.06.2017 р. №511. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-17#Text> (дата звернення: 20.04.2025).
6. Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В., Поліщук І. М., Петренко А. А. Дослідження ефективності способів закріплення рятувальної мотузки за конструкцію. Пожежна безпека. 2025. № 46. С. 20–29. DOI: 10.32447/20786662.46.2025.02.

ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

*Гаменко І. О.,
Панчишин Ю. І.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Під час виникнення пожеж в житлових та офісних будівлях підвищеної поверховості [1] для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів основним завданням є проведення розвідки в приміщеннях по виявленню осередку пожежі, рятуванню людей, евакуації їх матеріальних цінностей та ліквідація пожежі. Станом на сьогоднішній день залучення безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА), а саме дронів для проведення розвідки значною мірою дозволяє пожежним-рятувальникам здійснити швидкий моніторинг ситуації яка виникла під час пожежі чи надзвичайної ситуації (далі-НС), що в свою чергу допомагає швидко та оперативно врятувати життя людей та виявити осередок пожежі. Під час виникнення пожежі в будівлях підвищеної поверховості та висотних будівлях сходові клітини швидко задимлюються, внаслідок чого люди опиняються в димовій пастці, а також осередок пожежі важче виявити пожежним-рятувальникам. Також слід враховуючи умови сьогодення, що Українсько – російська війна триває [2], ворог внаслідок обстрілів руйнує нашу інфраструктуру, неодноразово завдаючи повторних ударів під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС. Таким чином, доцільно під час гасіння пожежі чи ліквідації НС застосовувати пожежний дрон [3] який значною мірою підвищує мобільність, оперативність дій пожежно-рятувальних підрозділів та підвищує рівень безпечних умов праці на місці події для особового складу Державної служби з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС), як зображено на рис. 1.



Рисунок 1 – Гасіння пожежі за допомогою дрона

Використовуючи пожежний дрон для гасіння пожежі можна його зібрати та запустити до 5 хвилин. Його гнучке керування польотом дозволяє в режимі реального часу обходити перешкоди та змінювати позицію над динамічними місцями пожежі, забезпечуючи швидке реагування та ефективне покриття, як зображено на рис. 2.



Рисунок 2 – Механізм швидкого з'єднання для безперешкодної інтеграції з пожежними автомобілями

Отже, можна зробити висновок, що використання пожежного дрона під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС є запорукою швидкого і успішного гасіння пожежі, а також значною мірою підвищуються умови праці на місці події для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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 МВС України від 26.04.2018 № 340. URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/373496__373561
2. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : наказ ДСНС України від 02.04.2024 № 375. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf>
3. Пожежний дрон YSF-150. URL: <https://zjiecdrone.com/uk/product/ysf-150-firefighter-drone/>

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ СТРУМЕНІВ ВОДИ ДЛЯ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

*Гапоненко Ю. І.,
Дегтяренко О. О.*

Національний університет цивільного захисту України

Вода є одним із найдешевших, доступних та ефективних засобів пожежогасіння. Доступність та унікальні властивості води є основними причинами використання її для потреб пожежогасіння. Водяне пожежогасіння вважається одним із найбезпечніших для людей та навколишнього середовища, через що має широкий спектр застосування – місця з масовим скупченням людей, виробничі об'єкти, житловий сектор тощо. Крім цього вода має низку інших переваг: висока теплоємність, термічна стійкість, мала в'язкість, високий ефект, що охолоджує, і інтенсивне пароутворення.

На даний момент наука вирішує питання вдосконалення способів подачі води як вогнегасної речовини. Найбільш простим та поширеним способом гасіння пожеж є подача компактних та розпилених струменів води за допомогою ручних та лафетних стволів. Для більшої ефективності при гасінні в осередок пожежі подаються компактні струмені, які мають високу енергію і забезпечують велику витрату, при цьому часто впливаючи на невелику площу. Внаслідок цього знижується коефіцієнт використання води на пожежі, що призводить до нераціонального її використання та забруднення навколишнього середовища. Розпилені струмені зрошують велику площу порівняно з компактними, за рахунок чого збільшується коефіцієнт використання води, але при цьому вони мають меншу енергію, через що ефективність їх застосування для потреб пожежогасіння стає не надто великою [1].

При розробці способів гасіння пожеж та боротьби з продуктами горіння було виявлено напрямок отримання дрібнодисперсних струменів. До цього напрямку відноситься гасіння пожеж температурно-активованою водою (ТАВ), тонкорозпиленою водою (ТРВ) і водяною парою (ВП). Дані три способи певною мірою схожі між собою принципами гасіння.

Системи гасіння ТРВ за способом диспергування поділяються на 2 типи – система з механічним розпиленням та система з газорідним розпиленням. У системах з механічним розпиленням дисперсність води досягається за рахунок зіткнення струменів, що рухаються під великим тиском. Тиск у таких системах створюється за допомогою балонів із газами, що знаходяться під високим тиском, або за допомогою потужних компресорів. У газорідних системах спочатку відбувається утворення газорідного середовища, після чого отримана суміш спеціальними трубопроводами подається до насадків. Джерелом тиску та газовою фазою є азот, або вуглекислий газ. Тиск у цій системі приблизно в 5 разів нижче, ніж у системі з механічним розпиленням. Середні розміри крапель, одержувані цими способами, становлять приблизно 100 мкм. Гасіння ТРВ використовується переважно в автоматичних установках пожежогасіння. ТРВ гасить пожежі трьома шляхами: зниження температури - краплі ТРВ поглинають тепло, що випромінюється пожежею; змочування горючого навантаження – спосіб локалізації пожежі; розведення об'єму приміщення парою – витіснення продуктів горіння.

Установки парового гасіння застосовується там, де є пара, що призначена для використання в технологічному процесі, і є паропровід, підключений до джерела отримання пари (насиченої чи перегрітої). Найбільший ефект парогасіння досягається в герметичних приміщеннях, що не вентилуються, об'ємом не більше 500 м³. Застосовувати даний спосіб гасіння доцільно на об'єктах де є речовини, що не вступають

у хімічну реакцію, а також де витрати ВП для потреб пожежогасіння не вплине на проведення технологічного процесу.

Принцип створення температурно-активованої води полягає в наступному: вода внаслідок нагрівання у спеціальному теплообміннику при поєднанні певних температури та тиску (понад 165 °С та більше 1,6 МПа) змінює свої властивості. Після повернення до звичайних атмосферних умов така вода деякий час перебуває у метастабільному стані. При подачі ТАВ через розпилювачі, у яких тиск за мілісекунди зменшується до атмосферного, відбувається миттєве закипання води. В результаті одна частина ТАВ переходить у пару (близько 30 %), а інша дробиться на краплі розміром від 0,01 до 10 мкм, і формується струмінь парокрапельної суміші. Так як діаметр більшості крапель не перевищує 5 мкм, то струмені ТАВ «парують» у повітрі, і паро-краплинна хмара найчастіше приймається за туман. Паро-краплинна суміш стійка до навколишнього середовища, через що довго не осаджується (близько 20 хв), з легкістю огинає перешкоди, не осаджується на вертикальних і горизонтальних поверхнях. Експерименти показали, що ТАВ може бути використана при гасінні практично всіх речовин, які не вступають у хімічну реакцію з водою. ТАВ має найкращу ефективність при гасінні пожеж у замкнутому обсязі, оскільки утворює великий обсяг паро-крапельної суміші, що призводить до осадження продуктів горіння та витіснення окислювача із зони горіння. Використання ТАВ під час гасіння пожежі дозволяє одночасно вирішити кілька завдань: осадження продуктів горіння, гасіння пожежі, зниження температури.

Через розміри одержуваних крапель від 0,01 до 10 мкм і підвищеної змочуваності води відбувається коагуляція частинок диму, що призводить до подальшого їх осадження. ТАВ можна подавати як через стволи-розпилювачі, так і через патрубки димососів. Крім осадження ТАВ своїм обсягом здатна витіснити продукти горіння, що призводять до димовидалення. При цьому ТАВ абсолютно безпечна для людей, через що стає можливим її подача в приміщення, де знаходяться постраждалі або працюють ланки ГДЗС.

Струмені ТАВ можуть бути використані для гасіння великої кількості горючих речовин, які не вступають у хімічну реакцію з водою. Крім цього ТАВ запобігає тлінню та здатна не допустити повторного займання.

Хмара ТАВ здатна знизити температуру безпосередньо в зоні горіння, так і на шляхах евакуації. Краплі ТАВ мають невеликі розміри і тривалий час перебувають у повітрі, маючи невелику швидкість, через що практично уся вода бере участь у процесі охолодження, оскільки частки встигають випаруватися.

Застосування ТАВ дозволяє вирішувати значну кількість завдань під час гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт. Розвиток у цьому напрямку надалі дозволить збільшити ефективність боротьби з пожежами, що призведе до зниження навантаження на пожежних, зменшення кількості сил і засобів, залучених для гасіння, а також до зниження часу ліквідації пожежі та, як наслідок, зниження матеріальних збитків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сировий В. В., Сенчихін Ю. М., Лісняк А. А., Дерев'янка І. Г. Основи тактики гасіння пожеж: навч. посіб. Х. : НУЦЗУ, 2015. С. 216.
URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/377>

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ІЗ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ВОЄННИЙ ЧАС

*Дагіль В. Г.,
Даник О. М.*

Національний університет цивільного захисту України

У 2025 р. Кабінет Міністрів України затвердив законопроект, що імплементує європейські екологічні стандарти у вітчизняне законодавство та гармонізує його з нормами ЄС [1]: Директивою 2000/60/ЄС про водну політику; Директивою 2008/56/ЄС щодо екологічного стану морського середовища; Директивою 91/676/ЄЕС, яка стосується захисту вод від нітратного забруднення зі сільськогосподарських джерел.

Основні положення законопроекту включають оновлення термінології відповідно до європейських стандартів; розподіл повноважень між Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України, Державним агентством водних ресурсів, Державною службою геології та надр України, а під час ліквідації надзвичайних ситуацій ДСНС України. Подолання наслідків війни та забезпечення екологічної безпеки можливе за умови поєднання екологічної, економічної соціальної та безпекової складових у процесі відновлення водних ресурсів. У цьому пріоритетну роль набуває формування державної екологічної політики, налагодження міжвідомчої взаємодії та активне залучення наукового потенціалу.

Військові дії значно підвищують ризики виникнення комбінованих хіміко-біологічних загроз, пов'язаних з водними ресурсами. Як приклад, через підрив греблі Каховської ГЕС та подальшої повені було виявлено 134 об'єкти, що потенційно могли постраждати від затоплення, зокрема 24 небезпечні промислові підприємства, на території яких було багато шкідливих речовин. Затоплення цих підприємств призвело до серйозних екологічних та санітарно-епідеміологічних ризиків, які можуть мати як коротко- та довгострокові наслідки. Паводок також спричинив змив з забруднених територій мін, боєприпасів та інших систем озброєння [2]. Це призвело до масштабного забруднення води, як хімічними речовинами (нафтопродукти, важкі метали, агрохімікати), так і біологічними агентами (каналізаційні стоки, патогени). Військові дії часто супроводжуються пошкодженням каналізаційних та очисних споруд, прямий скид неочищених стоків у водойми. Це все створює подвійні ризики для цивільного населення і для особового складу аварійно-рятувальних підрозділів, які долучаються до ліквідації наслідків.

Актуальними для рятувальників залишаються загрози природно-техногенного характеру. 30 вересня місто Одесу накрили рясні дощі, які стали одними з найінтенсивніших за останні роки. За даними метеостанції, за добу випало 94 мм опадів – це понад 220 % від місячної норми. Сильна злива в Одесі є яскравим прикладом того, як природні явища можуть взаємодіяти з техногенними факторами, створюючи серйозні загрози для міського середовища та його мешканців. У дощову воду могли потрапити важкі метали (свинець, кадмій, ртуть), кислоти, органічні речовини (пестициди, гербіциди), нафтові продукти, мікробіологічні забруднення, бактерії із стоків, віруси та грибки, пил та тверді частки. Це важливо знати рятувальникам, екологам та населенню, бо така вода може бути небезпечною для здоров'я.

Робота рятувальників з водними ресурсами під час ліквідації техногенних аварій має особливості, які включають роботу в умовах загрози обстрілів, мінування, зруйнованої інфраструктури та ризику хімічного забруднення водойм, що потребує посиленних заходів безпеки та використання спеціального спорядження.

Нижче в таблиці наведемо ризики для рятувальників, які працюють із водними ресурсами під час ліквідації надзвичайних ситуацій (паводки, затоплення, руйнування дамб, техногенні аварії).

Вид ризику	Джерело небезпеки	Механізм впливу	Потенційні наслідки
Хімічний	Промислові та побутові стоки, нафтопродукти, пестициди, важкі метали.	Контакт із забрудненою водою, інгаляція випарів, потрапляння на шкіру або слизові.	Отруєння, подразнення шкіри і слизових, канцерогенний ефект.
Біологічний	Каналізаційні стоки, стоячі водойми, труп тварин/людей.	Контакт із водою, потрапляння через дрібні порізи, інгаляція аерозолі.	Кишкові інфекції (сальмонельоз, холера), лептоспіроз, гепатит А, шкірні інфекції.
Фізичний / механічний	Сильна течія, об'єкти під водою, сміття.	Падіння, травми від предметів під водою, удари струмом.	Травми, переломи, ураження струмом.
Тепловий / мікрокліматичний	Робота у воді тривалий час, дощ, низька температура.	Гіпотермія, переохолодження, тепловий стрес.	Переохолодження, зниження уваги, судоми.

Ліквідація загроз, пов'язаних з водними ресурсами потребує швидкого реагування та координації, спеціального обладнання та навичок, дотримання безпеки рятувальників, контролю за комбінованими небезпеками. Загроза підтоплення через бойові дії залишається актуальною в декількох регіонах України. Критично важливим є збереження здоров'я особового складу через специфіку роботи. Все це вимагає підвищення спроможності реагування на дані типи загроз, підготовку фахівців до комбінованих типів загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна політика управління водними ресурсами України: веб-сайт. URL: <http://gntb.gov.ua/files/conf08/zak.pdf>
2. Резюме аналітичного звіту «Попередній екологічний та юридичний аналіз руйнування Каховської ГЕС і його наслідків» веб-сайт. URL: <https://rac.org.ua/wp-content/uploads/2024/06/racse-kahovka-resume-ukr-2024.pdf>

ПРИСТРІЙ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИЯВЛЕННЯ ТА ФІКСАЦІЇ ОСЕРЕДКОВИХ ОЗНАК ПОЖЕЖІ

*Дерев'янюк О. А., к.т.н., доцент,
Мірошніченко Д. Ю.*

Національний університет цивільного захисту України

Проведено аналіз [1, 2], який показав, що існуючі методи та прилади для визначення значень ознак осередку пожежі мають декілька недоліків:

- необхідність значного часу проведення досліджень або можливості проведення досліджень тільки у лабораторних умовах;
- необхідність для роботи стаціонарного електричного живлення, або автономного джерела живлення великої ємності;
- неможливість проводити дослідження на стелі та у верхній зоні приміщення на яку впливала пожежа;
- проведення точкових вимірів, що збільшує імовірність пропуску областей у яких вплив пожежі значно відрізняється від суміжних;
- для фіксації точки виміру необхідно проведення окремої операції.

Відкладення кіптяви на конструкціях та предметах присутні практично на будь-якій пожежі – як у зоні горіння, так і в зоні задимлення. Ця обставина дозволяє розглядати кіптяву як перспективний об'єкт експертного дослідження. Аналіз електричного опору шару кіптяви дозволяє досліджувати заочпчення безпосередньо на місці пожежі і, таким чином, виявляти шляхи поширення основних конвективних потоків та осередкову зону.

Для усунення виявлених недоліків і розширення можливостей застосування методу виявлення осередкових ознак пожежі по оцінці шару кіптяви було розроблено конструкцію та виготовлено дослідний зразок пристрою для безперервного вимірювання електричного опору шару кіптяви та фіксації точок виміру (рис. 1).

Прилад є простим як конструктивно, так і у експлуатації. Він дозволяє проводити дослідження на місці пожежі за мінімальний час у приміщеннях різної висоти. Можливість універсального застосування пристрою досягається шляхом конструктивного поєднання контактної блоку, обчислювального пристрою та штанги подовжувача.

Портативний пристрій для виявлення осередкових ознак пожежі працює наступним чином. Перед початком роботи з портативним пристроєм для виявлення осередкових ознак пожежі оператор попередньо оглядає приміщення, що підлягає дослідженню, на предмет виявлення місць, які будуть підлягати оцінці кількості кіптяви (сажі) в різних точках поверхонь будівельних конструкцій. Далі портативний пристрій переводиться в робоче положення шляхом налаштування довжини телескопічної штанги та обирається базова точка від якої розпочинтиметься замірювання відстані до точок вимірів. Після цього оператор притискає вимірювальне колесо (рис. 2) кільцевими електродами до базової точки і перекатує його вздовж обраного напрямку вимірів по окопченій поверхні, яку необхідно досліджувати. На вимірювальному блоці оператор фіксує між кільцевими електродами значення опору постійному струму поверхні що покрита кіптявою (сажею), яке знімається з поверхні електродів токоз'ємними контактами і передається на вимірювальний блок. Оператор фіксує значення опору як на рівних відстанях точок вимірювання опору однієї від другої, так і у разі значної зміни величини.



Рисунок 1 – Випробувальний зразок приладу для безперервного виявлення та фіксації осередкових ознак пожежі



Рисунок 2 – Конструкція вимірювального колеса

Одноточасна фіксація вимірювальним блоком відстані точки виміру від базової точки дозволяє виключити необхідність проведення додаткових вимірювань із застосуванням рулеток і т. ін.

Таким чином дані, що отримані за допомогою приладу у різних зонах пожежі можуть бути об'єктивною основою для диференціації зон нагріву заповнених конструкцій і предметів.

Практична апробація методу показала, що найбільш доцільно застосування результатів даної роботи при експертизі пожеж в умовах міського житлового сектора, а також у будь-яких інших випадках пожеж у будівлях та спорудах з будівельних конструкцій, що не згорають.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'яно О. А., Олійник В. В. Практикум з дисципліни дослідження пожеж. Черкаси: НУЦЗУ, 2025. 102 с.

2. Практичний poradnik виявлення ознак первинного вогнища пожежі шляхом аналізу результатів візуального дослідження термічних уражень конструкцій, предметів та матеріалів. Харків : ДВЛ, 2019. 73 с.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКУ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У БУДІВЛЯХ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ

*Дубінін Д. П., к.т.н, доцент,
Алексєєв О. Р.*

Національний університет цивільного захисту України

Гасіння пожеж у будівлях підвищеної поверховості пов'язане з особливостями проведення рятувальних робіт на висотах, складністю подавання засобів пожежогасіння до верхніх поверхів, відсутністю необхідної кількості техніки та обладнання, що можуть бути використані під час гасіння [1, 2].

Для гасіння пожеж на поверхах насамперед використовуються стволи з витратами води до 5 л/с, під час розвинених пожеж можуть застосовуватись більш потужні стволи. Починаючи з п'ятого поверху та вище, слід передбачати подавання стволів від внутрішніх пожежних кран-комплектів із включенням пожежних насосів-підвищувачів. Для запобігання швидкому поширенню вогню фасадом будівлі (балконами, лоджіями тощо.) доцільно використовувати лафетні стволи, насамперед встановлені на пожежних автомобілях (далі – ПА) [1, 2].

Подавання стволів для гасіння пожеж на верхніх поверхах здійснюється за допомогою автодрабин та автопідйомників, прокладання рукавних ліній внутрішніми сходами та між маршами. Ззовні будинку це здійснюється за допомогою рятувальних мотузок довжиною 50–60 метрів та спеціальних пристроїв, приєднанням рукавних ліній від автомобілів, встановлених на джерело водопостачання до сухотрубів (за їх наявності), з подальшим відбиранням води через внутрішні пожежні кран-комплекти на поверхах будинку. Прокладання рукавних ліній маршами сходових кліток вище 15 поверху недоцільне [1, 2].

Розрахунок сил та засобів виконується згідно з загальноприйнятою методикою та враховувати наступні особливості [1, 2]:

кількість стволів для гасіння пожежі визначається виходячи з числа приміщень, що горять, площі пожежі та інтенсивності подавання;

для контролю роботи ліній необхідно передбачати резервні рукави з розрахунку один резервний рукав на вертикально прокладену лінію;

потрібну кількість особового складу для забезпечення оперативних дій та рятування людей приймати з урахуванням обстановки на пожежі;

під час подавання вогнегасних речовин на висоти враховувати схеми оперативного розгортання [2]. Якщо схема обирається згідно з умовами конкретної обстановки пожежі, то слід здійснювати розрахунок насосно-рукавної системи за наступною методикою.

1. Напір на насосі пожежного автомобіля, встановленого на джерело водопостачання, визначається за формулою [2]:

$$H_n^B = N_{рмл} \cdot S_{рук} \cdot Q^2 + H_{вх}, \quad (1)$$

де H_n^B – напір на насосі ПА, який забезпечує перекачування води, м вод. ст.;

$N_{рмл}$ – кількість пожежних рукавів в одній магістральній лінії, шт.;

$S_{рук} \cdot Q^2$ – втрати напору в одному пожежному рукаві магістральної лінії довжиною 20 м;

$H_{вх}$ – напір на кінці магістральної рукавної лінії (приймається залежно від способу

перекачування), м вод. ст., але не менше ніж 10 м вод. ст.

2. Відстань між пожежними автомобілями, що працюють за схемами в перекачування, визначається за формулою [2]:

$$N_{\text{мм}} = \left[H_{\text{н}}^{\text{в}} - (H_{\text{вк}} \pm Z_{\text{м}}) \right] / (S_{\text{рук}} \cdot Q^2), \quad (2)$$

де $N_{\text{мм}}$ – відстань між ПА у системі перекачування (у рукавах), шт.;

$Z_{\text{м}}$ – підйом (+) або спуск (–) місцевості на шляху перекачування, м.

3. Напір на насосі головного пожежного автомобіля визначається за формулою [2]:

$$H_{\text{н}}^{\text{гол}} = N_{\text{рмл}} \cdot S_{\text{рук}} \cdot Q^2 + H_{\text{розг}} + H_{\text{ств}} + Z_{\text{ств}}, \quad (3)$$

де $H_{\text{н}}^{\text{гол}}$ – напір на насосі пожежного автомобіля, який здійснює подавання засобів подавання вогнегасних речовин, м вод. ст.;

$H_{\text{розг}}$ – напір на розгалуженні з урахуванням втрат напору в рукавах від насоса ПА, встановленого на джерело водопостачання, до насоса головного пожежного автомобіля та витрат напору у робочих рукавних лініях приймається 10 м вод. ст.;

$H_{\text{ств}}$ – напір на стволах приймається, м вод. ст.;

$Z_{\text{ств}}$ – висота підйому стволів, м вод. ст.

4. Визначення необхідної кількості засобів рятування з висоти здійснюється залежно від характеристики об'єкту, обстановки на пожежі, тактичних можливостей гарнізону тощо. Доцільність використання сучасних засобів пожежогасіння [3–5] здійснюється за вимогою КПП.

Виїзд на пожежу спеціальних пожежних автомобілів, автодрабин (АД), автопідіймачів (АПП), підрозділів, що оснащені автомобілями ГДЗС, димовидалення (АД), зв'язку і освітлення (АЗО), технічної служби (АТ), рукавними (АР) та аварійних служб міста передбачається за рангом (номером) виклику відповідно до плану залучення сил та засобів цивільного захисту для реагування на пожежі, інші небезпечні події, НС в гарнізоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж : наказ МВС України від 26.04.2018 № 340. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0801-18>
2. Довідник керівника гасіння пожежі / за заг. ред. В. С. Кропивницького. Київ: ТОВ «Літера-Друк», 2016. 320 с.
3. Дубінін Д. П. Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 33. С. 15–29. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-33-2.
4. Дубінін Д. П., Лісняк А. А., Шевченко С. М., Криворучко Є. М., Гапоненко Ю. І. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 34. С. 110–121. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-34-8.
5. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Лісняк А. А. Технічні засоби пожежогасіння дрібнорозпиленим водяним струменем. Проблеми пожежної безпеки. 2018. № 43. С. 45–53.

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ШВИДКОГО ПІДКЛЮЧЕННЯ МОБІЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

*Землянський О. М., д.т.н., професор,
Тирсін О. Р.*

Національний університет цивільного захисту України

Енергетична інфраструктура України в умовах воєнної агресії зазнає системних пошкоджень, що призводить до тривалих відключень електропостачання населених пунктів. Порушення роботи генеруючих потужностей, магістральних ліній електропередавання та розподільчих мереж створює ризики зупинки систем водопостачання, теплопостачання, зв'язку та функціонування об'єктів критичної інфраструктури. У таких умовах мобільні генераторні установки є одним із основних засобів забезпечення резервного електропостачання.

Практика ліквідації наслідків тривалих блекаутів показала, що важливим аспектом ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з тривалими знеструмленнями населених пунктів, є підготовка інфраструктури до їх безпечного та оперативного підключення.

Сценарії, які передбачали б масштабне використання генераторних установок для живлення побутових споживачів до повномасштабного вторгнення в Україні фактично не передбачалися. Тому, під час використання значної кількості генераторів виникло декілька проблемних питань, зокрема відсутність стаціонарних вводів у трансформаторні підстанції для приєднання генераторів, потреба в уніфікованих кабельних комплектах для приєднання генератора відповідної потужності, відсутність підготовлених майданчиків для встановлення генераторних установок та чітких алгоритмів взаємодії з оператором системи розподілу. Такий стан справ значно збільшує час реагування та підвищує ймовірність роботи електричних мереж та генераторних установок в аварійних режимах.

Тому важливою задачею є формування системи попередньої підготовки інфраструктури населених пунктів для забезпечення швидкого та безпечного підключення мобільних генераторів, яка дозволяла б оперативно відновлювати електропостачання виходячи з доступних сил та засобів.

Ключовим елементом системи є підготовка трансформаторних підстанцій 6–10/0,4 кВ. Доцільно завчасно обладнувати трансформаторні станції, або розподільчі пристрої, стаціонарними захищеними вводами для прокладання тимчасових кабелів, обов'язково передбачати можливість роз'єднання із зовнішньою мережею. Точки приєднання генераторів потрібно уніфікувати для забезпечення можливості використання будь якої генераторної установки. Відсутність фізичного роз'єднання може призвести до зворотної подачі напруги та короткого замикання при відновленні централізованого електропостачання.

Необхідною умовою формування системи попередньої підготовки інфраструктури населених пунктів для забезпечення швидкого та безпечного підключення мобільних генераторів є правильний вибір потужності генератора.

Номінальна потужність генератора повинна становити не менше 30 % від прогнозованого, а вже в процесі здійснення електропостачання від реального, навантаження. Варто врахувати, що оптимальний режим роботи дизельних генераторів становить орієнтовно 70–80 % від номінальної потужності, а тривале недовантаження або перевантаження знижує ресурс двигуна та підвищує ризик аварійної зупинки. Тому вже на етапі планування розгортання генераторних установок виникає складна задача оптимізації залучення генераторних установок [2].

Система попередньої підготовки інфраструктури населених пунктів для забезпечення швидкого та безпечного підключення мобільних генераторів повинна передбачати категоризацію трансформаторних підстанцій за рівнем критичності споживачів, орієнтовний перелік може виглядати наступним чином:

- 1) трансформаторні підстанції, що живлять об'єкти критичної інфраструктури;
- 2) трансформаторні підстанції багатоповерхової житлової забудови;
- 3) трансформаторні підстанції приватного сектору.

формувати алгоритм ротаційного електропостачання у разі обмеженої кількості генераторів.

Організаційний компонент включає визначення відповідальних осіб з боку ОСР та органів місцевого самоврядування, розроблення типових схем комутації, проведення навчань персоналу та створення переліку технічних характеристик трансформаторних підстанцій (номінальна потужність, пікове навантаження, категорія споживачів). Саме тому, важливим компонентом системи попередньої підготовки є організація місць встановлення генераторів [3]. Біля трансформаторних підстанцій необхідно передбачати рівні майданчики з твердим покриттям, з наявністю під'їздів та дотриманням безпечних відстаней від будівель, в тому числі для відведення продуктів згорання дизельного палива. Попередня підготовка таких локацій дозволить скоротити час розгортання.

Запровадження системи попередньої підготовки інфраструктури населених пунктів для забезпечення швидкого та безпечного підключення мобільних генераторів дозволить скоротити час розгортання, зменшити ризик аварійних режимів та підвищити рівень пожежної і техногенної безпеки населених пунктів. Таким чином, мобільні генератори розглядаються не як тимчасовий аварійний засіб, а як елемент системної моделі забезпечення стійкості громад до надзвичайних ситуацій пов'язаних із тривалим знеструмленням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. Вид. 7-ме. Київ : Міненерговугілля України, 2017.
2. Zhang, G., Zhang, F., Zhang, X., Wang, Z., Meng, K., Dong, Z. Y. (2020). Mobile emergency generator planning in resilient distribution systems: a three-stage stochastic model with nonanticipativity constraints. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 11. 6. 4847–4859. DOI: 10.1109/TSG.2020.3003595
3. Методичні рекомендації щодо застосування генераторних установок під час тривалих відключень електропостачання населених пунктів. Черкаси: НУЦЗ України, 2025. 33 с.

РОЛЬ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ В ЕКСТРЕНІЙ МЕДИЦИНІ

*Зионг Т. Т.,
Кучеренко Б. Ю.*

Харківський національний медичний університет

Сьогодні технології глибше інтегровані в повсякденне життя, ніж будь-коли раніше. Цифровізація активно впроваджується і в медичну сферу. Одним із найбільш перспективних напрямів є телемедицина – розділ медицини, що передбачає надання медичної допомоги із застосуванням засобів дистанційного зв'язку. В умовах зростання кількості невідкладних станів та потреби у швидкому прийнятті рішень вона набуває особливої значущості в системі екстреної медичної допомоги (ЕМД).

Мета роботи дослідити можливості та значення телемедицини в екстреній медицині.

Матеріали та методи. Проведено аналіз сучасних наукових джерел та публікацій, присвячених використанню телемедицини в системі ЕМД.

Результати. Роль телемедицини в екстреній медицині доцільно розглядати у двох основних напрямках: «медичний працівник – медичний працівник» та «медичний працівник – пацієнт».

Медичний працівник-медичний працівник. Лікарі та парамедики на місці виклику можуть у режимі реального часу консультуватися з фахівцями вузьких спеціальностей [3, 4]: кардіологами, неврологами, травматологами. Це дозволяє уточнити діагноз [1] на догоспітальному рівні, якщо, наприклад, були сумніви та правильно підібрати першу медичну допомогу, щоб довести до правильного відділення. Під час онлайн-консультації можливе передавання результатів ЕКГ, показників сатурації, артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, температури тіла тощо [2].

Правильно проведена диференційна діагностика на догоспітальному етапі дозволяє обрати відповідний медичний заклад і профільне відділення для госпіталізації. Визначення раціонального маршруту транспортування пацієнта до спеціалізованого центру є важливим етапом надання екстреної медичної допомоги. Особливо актуально це при інфаркті та інсульті, де існує поняття «золотих годин» для проведення тромболітичної терапії.

Медичний працівник-пацієнт. Окрім вищезгаданого, за допомогою телемедицини стає можливою взаємодія бригади ЕМД з пацієнтом до її прибуття. Під час телефонного або відеозв'язку пацієнт або його родичі можуть описати детальніше симптоми, анамнез життя/хвороби, епіданамнез, супутні захворювання. Це дозволить медичним працівникам зекономити час на опитуванні та краще підготуватися до надання допомоги.

Крім того, диспетчер або медик може надати рекомендації щодо домедичної допомоги до приїзду бригади (забезпечення прохідності дихальних шляхів, контроль кровотечі, правильне положення тіла тощо), що підвищує шанси на легший перебіг.

На жаль, телемедицина дуже залежить від можливостей зв'язку та техніки. Вона потребує стабільного та високошвидкісного інтернету [5], що є проблемою у віддалених або важкодоступних місцях. Окрім цього, важливим є питання захисту персональних даних під час користування електронним каналом комунікації.

Висновки. У медицині технології стали важливим інструментом удосконалення роботи. Залучення технологій у практику екстреної медичної допомоги покращує якість догоспітального етапу та підвищує шанси пацієнтів на сприятливий результат, особливо при критичних станах. Модель взаємодії «медичний працівник-медичний працівник» підвищує точність діагностики, підвищує професійну компетентність наданої допомоги. В

той час як «медичний працівник-пацієнт» забезпечує актуальний зв'язок постраждалого або його оточення з бригадою ШД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Amadi-Obi, A., Gilligan, P., Owens, N., O'Donnell, C. (5 Jul 2014). Telemedicine in pre-hospital care: a review of telemedicine applications in the pre-hospital environment. *Int. J. Emerg. Med.* 7. 29.
2. Brokmann, J.C., Felzen, M., Beckers, S.K., Czaplík, M., Hirsch, F., Bergrath, S., Rossaint, R. (2017). Telemedizin: Potenziale in der Notfallmedizin. *Anesthesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 52. 2. 107–117.
3. Sarpourian, F., Marzaleh, M. A., Fatemi Aghda, S. A., Zare, Z. (2023). Application of Telemedicine in the Ambulance for Stroke Patients: A Systematic Review. *Prehosp. Disaster Med.* 38. 6. 774–779.
4. Valenzuela Espinoza, A., De Smedt, A., Guldolf, K., Vandervorst, F., Van Hooff, R.-J., Fernandez Tellez, H., Desmaele, S., Cambron, M., Hubloue, I., Brouns, R. (2016). Opinions and Beliefs About Telemedicine for Emergency Treatment During Ambulance Transportation and for Chronic Care at Home. *Interact. J. Med. Res.* 5. 1.
5. Yperzeele, L., Van Hooff, R.-J., De Smedt, A., Valenzuela Espinoza, A., Van Dyck, R., Van de Casseye, R., Convents, A., Hubloue, I., Lauwaert, D., De Keyser, J., Brouns, R. (2014). Feasibility of AmbulanCe-Based Telemedicine (FACT) study: safety, feasibility and reliability of third generation in-ambulance telemedicine. *PLoS One.* 9. 10.

МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОЖЕЖНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Іванів М. Р.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Пожежні відцентрові насоси є ключовими агрегатами пожежних автоцистерн та автонасосів [1]. Їх ефективність визначає здатність подачі необхідної кількості води з потрібним напором за різних режимів роботи. Удосконалення конструкції відцентрових насосів дозволяє підвищити надійність техніки, скоротити витрати енергії та забезпечити стабільну роботу системи в екстремальних умовах.

Сучасні умови експлуатації пожежних насосів вимагають покращення показників надійності, енергоефективності, міцності, зниження ваги та підвищення продуктивності насосних установок пожежних автомобілів. Тому важливим науково-технічним завданням є удосконалення конструкції пожежних відцентрових насосів, для розв'язання якого нижче окреслено низку ключових аспектів [2].

– Оптимізація гідравлічної частини насосу, зокрема геометрії робочого колеса та напрямного апарата. Для цього виконують комп'ютерне моделювання процесу руху рідини за допомогою програмних комплексів Solid Works Flow Simulation або CFD-Tool, що дозволяє прогнозувати характеристики потоку, зменшити гідравлічні втрати та підвищити сумарний коефіцієнт корисної дії агрегату.

– Застосування композитних і полімерних матеріалів у виготовленні корпусів та робочих коліс насосів. Це забезпечує зниження ваги, підвищення корозійної стійкості та зменшення шумових характеристик насосу.

– Використання регульованих електроприводів, які дозволяють автоматично змінювати швидкість обертання робочого колеса залежно від умов гасіння пожежі, забезпечуючи при цьому стабільний напір і подачу при мінімальних енергетичних витратах.

– Впровадження систем моніторингу технічного стану насоса. Встановлення сенсорів вібрації, температури та тиску дозволяє здійснювати дистанційний контроль роботи агрегату, виявляти несправності на ранніх стадіях та прогнозувати ресурс його експлуатації.

Зазначимо, що комплексне поєднання цих методів створює передумови для формування інтелектуальних насосних систем нового покоління, здатних адаптуватися до змінних умов роботи та передавати інформацію на пульт керування пожежним насосом і до диспетчерських центрів пожежно-рятувальних підрозділів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ларін О. М., Баркалов В. Г., Виноградов С. А., Калиновський А. Я., Семків О. М. Пожежні машини: навч. посіб. Харків : НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2016. 279 с.
2. Garcia-Hernandez, A., Wilcox, M., Moore, T. (2010). Hydraulic modeling and simulation of pumping systems. Proc. 26th International Pump Users Symposium. Houston, USA. 81–88.

СУЧАСНІ КОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ В АРХІТЕКТУРІ ТА БУДІВНИЦТВІ: ШЛЯХ ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ, ХІМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Карнюк І. А., д.т.н., доцент,

Карнюк М. В.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

На сучасному етапі розвитку глобальна будівельна індустрія перебуває у стані глибокої технологічної трансформації, що зумовлено критичними викликами: дефіцитом природних ресурсів та прогресуючим деградаційним впливом на біосферу. Традиційні архітектурні та конструкційні рішення, що базуються на широкому використанні металопрокату та важкого залізобетону, наразі демонструють низку фундаментальних техніко-економічних та екологічних недоліків. Висока щільність сталі суттєво здорожує логістичні операції, ускладнює транспортування та вимагає залучення надпотужної техніки для монтажних робіт, особливо на висотних об'єктах. Під інтенсивним впливом агресивних хімічних середовищ сталеве армування піддається швидкій деградації, що призводить до внутрішнього руйнування цілісності конструкцій. Енергоємні виробничі цикли важкої металургії супроводжуються колосальним вуглецевим слідом, що суперечить сучасним кліматичним протоколам. Малий термін служби традиційних матеріалів у жорстких умовах диктує необхідність постійної реновації та заміни елементів, що вимагає безперервних капіталовкладень протягом усього життєвого циклу споруди.

У відповідь на ці виклики постає гостра наукова потреба у впровадженні інноваційних рішень на стику хімічних технологій та інженерії. Необхідним є створення систем, які забезпечують не лише надвисоку механічну міцність і довговічність, а й гарантують екологічну відповідальність та спеціалізований захист.

Новітні досягнення у сфері матеріалознавчої інженерії дозволили вивести композитні системи на передній край науково-технологічного прогресу. Сучасні дослідження доводять, що завдяки синергії фізико-хімічних властивостей різнорідних компонентів можливо проектувати структури, характеристики яких за питомими показниками значно перевершують параметри традиційних металів та бетону.

Пріоритетним вектором наукового пошуку сьогодні є розробка та вдосконалення полімерно-волокнистих систем. Особлива роль відводиться матеріалам на основі вуглецевого, скляного та, що найважливіше, базальтового волокна. Екологічні переваги виробництва базальтопластиків є надзвичайно вагомими: встановлено, що цикл виготовлення композитної арматури генерує у 40 разів менше CO₂ порівняно з енергоємним металургійним циклом виробництва сталі. Разом з тим, у межах хімічної технології активно вирішується питання рециклінгу, оскільки складні полімерні матриці вимагають інноваційних методів переробки для запобігання накопиченню відходів.

З точки зору хімічної інженерії, композити – це штучно синтезовані гетерогенні багатокомпонентні системи, архітектура яких базується на двох фазах:

– Матриця (зв'язуюча фаза): базується на епоксидних смолах, складних полімерах або полімерцементях. Вона відповідає за монолітність конструкції, рівномірний розподіл навантажень та герметичну ізоляцію внутрішніх волокон від зовнішньої хімічної агресії.

– Армуючий наповнювач (базальтове волокно): високоміцний природний силікатний матеріал, що формує силовий каркас та сприймає основні розтягуючі зусилля.

Технологічний процес виготовлення базується на передових методах хімічної технології, таких як пултрузія, вакуумна інфузія та лиття під тиском. Це дозволяє ще на

стадії молекулярного синтезу «запрограмувати» необхідні параметри хімічної витривалості та радіаційної стійкості майбутнього виробу.

У сучасній практиці проектування споруд з підвищеними вимогами до безпеки (зокрема об'єктів хімічного захисту), базальтопластикова арматура (БПА) посідає ключове місце завдяки своїй некорозійності та діелектричним властивостям.

Порівняльні характеристики БПА та традиційної сталі:

Параметр	Сталь (клас А400/А500)	Базальтопластикова арматура (БПА)	Перевага для спецзахисту
Міцність на розрив	~390–500 МПа	~1000–1200 МПа	Вища стійкість до механічних ударів
Щільність (маса)	~7850 кг/м ³	~1900–2100 кг/м ³	Легкість мобільних захисних споруд
Корозійна стійкість	Низька (окислюється)	Абсолютна	Повна інертність до кислот і лугів
Теплопровідність	Висока	Дуже низька	Виключає «містки холоду» в сховищах
Електропровідність	Провідник	Діелектрик	Безпека в зонах ЕМ-випромінювання
Радіопрозорість	Екранує/Відбиває	Прозора	Робота датчиків радіаційного контролю

Окрім зазначеного, БПА є ідеальним матеріалом для спорудження об'єктів у зонах з підвищеним рівнем екологічної та радіаційної небезпеки через свою природну стійкість до деструкції.

Універсальність базальтопластикових композитів дозволяє ефективно інтегрувати їх у наступні сфери:

– Несучі інженерні системи: виготовлення балок, колон та ферм для мостів і висоток, що працюють у вологому або солоному середовищі.

– Реноваційні заходи: зміцнення пошкоджених конструкцій, що є більш екологічним та економічним рішенням, ніж повний демонтаж.

– Спеціалізована інфраструктура: будівництво сховищ, заводів та об'єктів радіаційного захисту, де базальт виступає природним бар'єром для агресивних фонів.

Екологічна стратегія передбачає впровадження замкнених циклів рециклінгу та розробку біокомпозитів. План безпеки суворо регламентує процеси механічної обробки (обов'язкове промислове пиловидалення) та термічну утилізацію за стандартами, що запобігають викидам токсичних сполук у атмосферу.

Висновок

Композитні матеріали, зокрема базальтопластикова арматура, є технологічним фундаментом для реалізації стратегії сталого розвитку в сучасному будівництві. Їхня феноменальна довговічність радикально знижує потребу в ресурсах для ремонту, а низька енергоємність виробництва сприяє глобальному скороченню емісії вуглецю. Застосування інструментів хімічної технології та інженерії дозволяє трансформувати композити на безпечну та високоефективну альтернативу традиційним матеріалам, гарантуючи надійність систем радіаційного та хімічного захисту на багато десятиліть вперед.

ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У КОНТЕКСТІ МАСОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ

Коваленко А. С.

Миколаївський національний аграрний університет

Блекаут слід розглядати не лише як тимчасову відсутність освітлення, а як різку та неконтрольовану зупинку електропостачання, здатну суттєво порушити функціонування повсякденних практик, від побутових процесів до роботи промислових систем. У сучасному середовищі, де життєдіяльність значною мірою залежить від безперервного доступу до електроенергії, такі явища перетворюються на серйозний виклик, що актуалізує потребу переосмислення рівня залежності від технологічних рішень. На відміну від планових відключень, блекауту характеризуються масштабністю, здатністю охоплювати значні території та тривалістю, яка може варіюватися від кількох годин до тижнів, спричиняючи каскадні соціально-економічні та інфраструктурні наслідки.

У контексті України 2024–2025 років проблема блекаутів набула особливого значення через геополітичні фактор та зношеність енергетичної інфраструктури. Це явище виходить за межі технічного виміру, формуючи комплексний соціальний феномен, що випробовує адаптивні можливості та стійкість суспільства. Усвідомлення природи блекаутів починається з аналізу їх базових механізмів, однак швидко переходить до розгляду ширших соціальних та психологічних ефектів, які безпосередньо впливають на кожного громадянина.

Блекаут виникає як наслідок дисбалансу в енергетичній системі, коли попит на електроенергію перевищує пропозицію або, навпаки, з'являється надлишок, який мережа не здатна компенсувати. Сучасні енергосистеми функціонують як складна інтегрована мережа генераторів, трансформаторів та ліній передачі, де кожен елемент повинен діяти синхронно [1, с. 225]. Вихід з ладу окремої ланка, спричинений перевантаженням чи технічною аварією, активує автоматизовані системи захисту, що ізолюють проблемні ділянки, проте це може призвести до каскадного відключення електроенергії.

У контексті воєнних конфліктів блекауту набувають ознак інструменту стратегічного тиску, стаючи реальністю, обумовленою бойовими діями та цілеспрямованими енергетичними атаками. В Україні з 2022 року обстріли та руйнування енергетичної інфраструктури, зокрема підстанцій, призвели до масових відключень із каскадним ефектом. На 2026 рік загроза подібних інцидентів зберігається, поєднуючи технічні та геополітичні чинники. Прогнозування розвитку ситуації включає три можливі сценарії, від короточасних локальних відключень до масштабного національного блекауту [2, с. 50]. Хоча енергетична система відновлюється після пошкоджень, вона залишається уразливою до нових загроз, що вимагає посилення її стійкості та адаптаційних заходів.

Наслідки блекаутів мають каскадний характер, подібний до хвиль, що поширюються від епіцентру, впливаючи на всі сфери життя [3, с. 321]. З економічної точки зору вони спричиняють значні фінансові втрати: зупинка виробництва, параліч торгівлі та транспортних систем тощо. Соціальні наслідки проявляються у тимчасовій відсутності опалення, водопостачання та засобів зв'язку, що підвищує рівень тривожності та ризик паніки. Медичні установи переходять на резервні джерела живлення, проте не завжди встигають забезпечити повну безпеку, що створює загрозу життю пацієнтів. В урбанізованих середовищах відключення електроенергії супроводжується зростанням злочинності, а психологічний стрес, пов'язаний із ізоляцією, може зберігатися протягом тривалого часу.

Екологічний вимір блекаутів також є суттєвим: активне використання дизельних генераторів підвищує рівень забруднення повітря. Хоча в довгостроковій перспективі такі події стимулюють перехід до відновлюваних джерел енергії, у короткостроковій - вони збільшують залежність від викопного палива. В Україні, зокрема, масове застосування генераторів під час блекаутів 2022–2025 років негативно вплинуло на якість атмосферного повітря в містах.

Підготовка до блекауту передбачає системне підвищення стійкості до енергетичних криз. Вона починається з оцінки ризиків: у регіонах із нестабільним енергопостачанням. До ключових заходів належать формування мінімальних запасів води, продуктів харчування та медикаментів на 72 години, оскільки водопостачання часто залежить від електрики.

Необхідно передбачити альтернативні джерела енергії, такі як сонячні панелі або портативні генератори, дотримуючись правил безпеки, щоб уникнути отруєнь чадним газом. Для забезпечення комунікації слід мати заряджені павербанки та радіоприймачі для отримання актуальної інформації. На рівні спільноти ефективним є створення мереж підтримки, коли сусіди об'єднують ресурси, що перетворює кризові умови на можливість солідарної взаємодопомоги. У контексті прогнозів на 2026 рік така підготовка стає необхідною умовою безпеки та життєздатності населення [5, с. 473].

Планування та управління ризиками в контексті масових енергетичних відключень є ключовим фактором забезпечення життєздатності населення та стійкості інфраструктури. Ефективне передбачення потенційних загроз не лише мінімізує економічні та соціальні втрати, а й сприяє психологічній стабільності громад, дозволяючи своєчасно реагувати на непередбачувані зміни у роботі енергосистеми та підвищувати загальну адаптивність суспільства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В. С., Курепін В. М. Подолання кризових явищ у аграрній сфері за допомогою технології доповненої реальності : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., присв. 90-річчю з дня народження професора Г. П. Жемели «Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування». Полтава : ПДАУ, 2023. С. 224–226. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15512>
2. Batsurovska, I. (2024). Prospects for the use of wind power plants: advantages and environmental safety. Traditions and new scientific strategies in the context of global transformation of society. Baltija Publishing. 1. 34–55. DOI: 10.30525/978-9934-26-406-1-2.
3. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв: МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>
4. Самойленко О. О., Бацуровська І. В. Кібергігієна та безпека життєдіяльності як ключові елементи цифрової компетентності здобувачів освіти. Національні інтереси України. 2025. № 11(16). С 461–477. DOI: 10.52058/3041-1793-2025-11(16)-461-476.

МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРИЗМАТИЧНОЇ БЕТОННОЇ БАЛКИ НА ПАРАБОЛІЧНО-ЗМІННІЙ ПРУЖНІЙ ОСНОВІ

Крутий Ю. С., д.т.н., професор,

Пернері А. О., к.т.н., доцент,

Теорло Н. А.,

Величко Д. В.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

В роботі [1] представлено аналітичний метод модального аналізу балок, що опираються на неоднорідну пружну основу Вінклера, коли коефіцієнт постелі $k(x)$ задається будь-якою неперервною функцією. Метод ґрунтується на точному розв'язку відповідного диференціального рівняння коливань, яке в амплітудному стані має вигляд

$$EI v''''(x) + (k(x) - \rho F \omega^2)v(x) = 0, \quad (1)$$

де $v(x)$ – амплітудна функція прогинів, ρF – інтенсивність розподіленої маси балки, ω – невідома частота вільних коливань. Точний розв'язок в [1] знайдено методом прямого інтегрування [2].

Дане повідомлення присвячено випадку, коли коефіцієнт постелі змінюється уздовж довжини балки за параболічним законом, досягаючи максимального значення $k(l/2)$ у вершині параболі, причому його значення на кінцях балки співпадають, тобто $k(0) = k(l)$ (рис. 1).

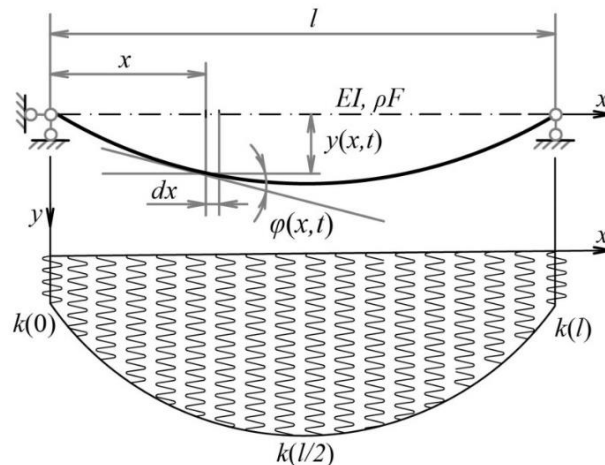


Рисунок 1 – Розрахункова схема вільних коливань балки

У такому випадку

$$k(x) = k\left(\frac{l}{2}\right) \left(1 - 4 \left(1 - \frac{k(0)}{k(l/2)}\right) \left(\frac{x}{l} - \frac{1}{2}\right)^2\right), \quad k\left(\frac{l}{2}\right) \neq 0. \quad (2)$$

Зауважимо, що на практиці така форма залежності доцільна у випадках, коли функція жорсткості основи має максимум у середині балки – наприклад, при наявності локальної зони підсилення основи.

Спираючись на результати [1], виконано модальний аналіз балки при наступних вихідних даних:

Довжина балки $l = 6 \text{ м}$;

Ширина підшви балки $b = 0,4 \text{ м}$;

Висота $h = 0,6 \text{ м}$;

$\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $E = 1,5 \cdot 10^7 \text{ кПа}$;

$k(0) = k(l) = 2 \cdot 10^3 \text{ кН/м}^2$; $k(l/2) = 3,2 \cdot 10^3 \text{ кН/м}^2$.

В табл. 1 наведені результати розрахунку перших п'яти частот вільних коливань балки. Окрім авторського методу (АМ), також були виконані відповідні розрахунки методом скінченних елементів (МСЕ) у програмному комплексі LIRA-FEM (балку було дискретизовано на 20 рівних скінченних елементів). Порівняння отриманих результатів підтверджує валідність авторського методу.

Таблиця 1 – Значення частот вільних коливань балки

№ моди	Частоти коливань ω , [1/с]		Відносна похибка, %
	АМ	МСЕ	
1	50,961994	48,718193	4,40
2	175,327112	168,026947	4,16
3	390,984414	374,758698	4,15
4	694,043847	665,206299	4,16
5	1084,001333	1038,774658	4,17

На рис. 2 представлені графіки перших п'яти нормованих форм коливань балки.

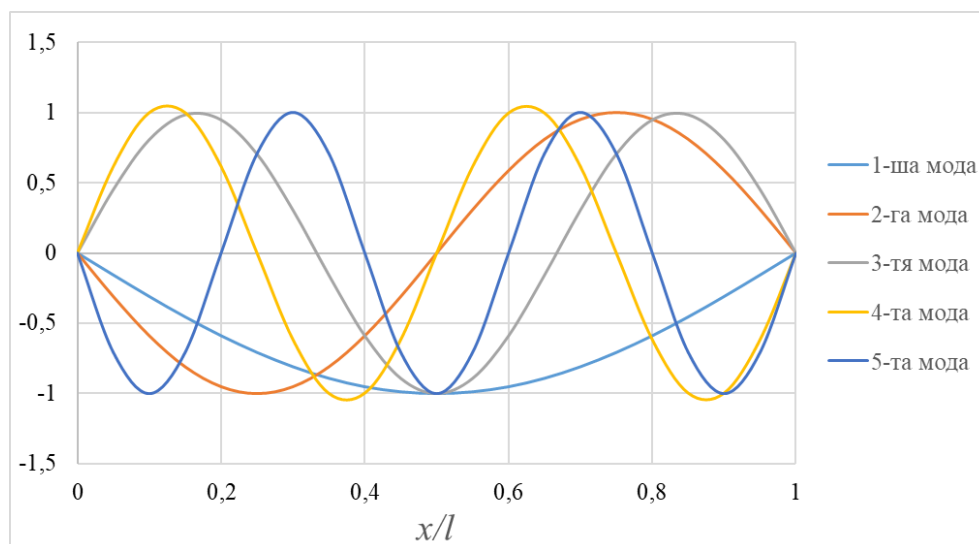


Рисунок 2 – Нормалізовані форми коливань

ЛІТЕРАТУРА

1. Krutii, Y., Perperi, A., Ostashuk, M., Sorokivskiy, O., Teorlo, N., Velychko, D. (2025). Modal analysis of a beam resting on a nonhomogeneous Winkler elastic foundation. *Vibroengineering Procedia*. 59. 118–124. DOI: 10.21595/vp.2025.25316.

2. Krutii, Y., Surianinov, M., Vandynskiy, V. (2019). Analytic formulas for the cantilever structures' natural frequencies with taking into account the dead weight. *Materials Science Forum*. 968. 450–459. DOI: 10.4028/www.scientific.net/msf.968.450.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛОВИХ КАБЕЛІВ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПЕРЕСУВНИХ ГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ВІЙНИ

Кулаков О. В., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Внаслідок відкритого воєнного нападу російської федерації й ведення бойових дій в Україні спостерігається нестача потужностей електрогенеруючих установок, нестабільність якості електричної енергії, виникають блекаути. Застосовується велика кількість різноманітних пересувних електричних генераторних установок, для підключення яких необхідні відповідні кабельні вироби.

Для підключення пересувних споживачів, зокрема мобільних генераторних установок, призначений, наприклад, кабель марки КГНВ. Тривало припустимий струм для кабельних виробів залежно від марок, розмірів та умов прокладання регламентується главою 1.3 Правил [1]. Кабель марки КГНВ має мідну жилу та два шари ізоляції з полівінілхлориду. Згідно таблиці 1.3.2 [1] тривало допустима температура нагріву жили електричного кабелю з ізоляцією з полівінілхлориду при відкритому прокладанні складає 343 К при температурі повітря 298 К.

Оцінимо максимально припустимий струм для одножильного кабелю з подвійною ізоляцією при інших температурах навколишнього середовища, що є типовими для України (від 253 К до 313 К). Для цього побудуємо термодинамічну модель роботи навантаженого кабелю з подвійною ізоляцією, прокладного відкрито.

В роботі [2] (формула (5)) отримано співвідношення між силою струму, що протікає по будь-якому одножильному кабельному виробу, та іншими термодинамічними параметрами системи, за якою можна розрахувати максимально припустимий струм:

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{S}{\rho} \cdot \frac{\Delta T}{R_{\ell}}}, \text{ А}, \quad (1)$$

де $S = \pi \cdot r_1^2$ – поперечний переріз струмопровідної жили, м²; r_1 – радіус струмопровідної жили, м; ρ – питомий електричний опір матеріалу струмопровідної жили, Ом·м; $\Delta T = T_1 - T_a$ – різниця температур, К; T_1 – температура струмопровідної жили, К; T_a – температура повітря навколишнього середовища, К; R_{ℓ} – лінійний термічний опір теплопередачі від поверхні кабельного виробу до повітря навколишнього середовища, м·К/Вт.

Застосовуємо математичний апарат [3] й отримуємо співвідношення для розрахунку лінійного термічного опору теплопередачі від поверхні кабелю до повітря навколишнього середовища:

$$R_{\ell} = R_{\alpha,\ell,1} + R_{\lambda,\ell} + R_{\alpha,\ell,2}, \quad (2)$$

де $R_{\alpha,\ell,1} = \frac{1}{2\pi \cdot r_1 \cdot \alpha_1}$ – лінійний термічний опір тепловіддачі від струмопровідної жили

радіусом r_1 до першого шару ізоляції, м·К/Вт; $R_{\alpha,\ell,2} = \frac{1}{2\pi \cdot r_3 \cdot \alpha_2}$ – лінійний термічний

опір тепловіддачі від другого шару ізоляції зовнішнім радіусом r_3 кабельного виробу до

повітря, $\text{м} \cdot \text{К}/\text{Вт}$; $R_{\lambda, \ell} = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_1} \cdot \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2} \cdot \ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)$ – лінійний термічний опір теплопровідності двох шарів ізоляції кабельного виробу, $\text{м} \cdot \text{К}/\text{Вт}$; α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від струмопровідної жили радіусом r_1 до першого шару ізоляції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від другого шару ізоляції зовнішнім радіусом r_3 кабельного виробу до повітря, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; λ_1 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу першого шару ізоляції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; λ_2 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу другого шару ізоляції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Проведені розрахунки показали, що для кабелю КГНВ 1x10 при відкритому прокладанні, температурі жили 343 К та температурі повітря 298 К максимально припустимий струм дорівнює $I_{\max} = 76 \text{ А}$. Згідно правил [1] нормативний тривало припустимий струм у цьому випадку дорівнює $I_{\text{норм}} = 80 \text{ А}$. Розраховане значення відрізняється від нормативного на 5%. Тому побудовану модель теплообміну між навантаженим кабелем та навколишнім повітряним середовищем можна вважати адекватною.

Проведені розрахунки показали, що для забезпечення пожежної й експлуатаційної безпеки кабелю при температурах повітря навколишнього середовища вище 298 К необхідно зменшувати максимально припустимий струм. Наприклад, при температурі повітря навколишнього середовища 313 К для досліджених розмірів (1x10, 1x25, 1x50) кабелю марки КГНВ – на 21%. При експлуатації в зимових умовах України можливо застосовувати кабелі меншого перерізу без погіршення умов пожежної та експлуатаційної безпеки. Наприклад, при температурі повітря навколишнього середовища 253 К максимально припустимий струм досліджених розмірів кабелю марки КГНВ можна збільшувати на майже 50%. Це особливо важливо в умовах війни за низьких температур повітря навколишнього середовища коли необхідно, наприклад, терміново забезпечити електропостачання теплогенеруючого обладнання, пошкодженого внаслідок ворожих обстрілів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. Київ, 2017. 617 с.
2. Kulakov, O., Kustov, M., Katunin, A., Roianov, O. (2023). Investigation of the Impact Properties of the Material of the Isolation on the Parameters of the Loaded Cable Lines. Key Engineering Materials. 954. 125–133.
3. Шаршанов А. Я., Рябова І.Б. Термодинаміка і теплопередача у цивільній безпеці: навчальний посібник. Харків, 2013. 380 с.

МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ФЕРОМАГНІТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ З ЕЛЕКТРОМАГНІТОМ ПІД ВОДОЮ

*Кулаков О. В., к.т.н., доцент,
Кустов М. В., д.т.н., професор*

Національний університет цивільного захисту України

Внаслідок відкритого воєнного нападу російської федерації на Україну виникла необхідність очищення території від вибухонебезпечних предметів для забезпечення безпеки людей та відновлення економічної й соціальної діяльності. Понад 137 тис. км² території України мають статус потенційно небезпечних. Частина замінованої території припадає на водні об'єкти.

Таким чином, підйом вибухонебезпечних предметів на поверхню води (гуманітарне підводне розмінування) є актуальним державним завданням в умовах сьогодення. Існує проблема підвищення ефективності гуманітарного підводного розмінування зокрема шляхом використанням електромагнітів.

Для підводних робіт зазвичай використовуються спеціальні електромагніти, призначені для підйому і переміщення металевих предметів у воді. Вони повинні бути герметичними і стійкими до впливу води.

ТОВ «Дніпроелектросила» випускає вантажопідйомний електромагніт серії Neptune для роботи під водою [1]. Електромагніт підйомний постійного струму типу КЕМ серії Neptune призначений для використання у воді та на поверхнях з захопленням та переміщенням холодних (екологічних) вантажів з феромагнітних матеріалів за допомогою кранових механізмів: металобрухт, відходи, металева стружка, катаний метал, злитки, сляби тощо, а також може використовуватися як сепаратор для феромагнітних включень. Може використовуватися на річкових та морських суднах для очищення води від металевих сміття та брухту.

Німецька компанія Woko розробила електромагнітні підйомники, придатні для роботи під водою [2]. Обмотка електромагніту герметично залита теплопровідним компаундом, а нижня поверхня захищена товстою немагнітною сталеву плитою. Це запобігає пошкодженню котушки ударами та проникненню води, забезпечуючи довговічність у польових умовах. Такі магніти застосовують для очищення дна портів від металобрухту. Сапери очищували порти Гамбурга від бомб, що не розірвалися, саме потужними електромагнітами компанії Woko на кранах – швидко і без занурення людей.

В США фахівцями дослідницької лабораторії ВМС (U.S. Naval Research Laboratory) під керівництвом Jim McDonald проводилися дослідження щодо підйому з під води боєприпасів, що не вибухнули [3]. Була запропонована напівавтоматична система, що забезпечує ефективний, відносно економічний і безпечний підхід до вилучення одиночних вибухонебезпечних предметів на мілководді (глибина не більше 15 футів). Вибухонебезпечні предмети візуалізуються за допомогою телебачення та/або гідролокатора й дистанційно піднімаються на поверхню за допомогою електромагніту або механічного грейфера. Найбільшу проблему уявляла система візуалізації. Телевізійна камера постійно не спрацьовувала належним чином для ідентифікації вибухонебезпечних предметів, особливо при погіршення видимості. Система підйому вибухонебезпечних предметів працювала надійно.

Труднощі під час застосування електромагніту для підйому вибухонебезпечного предмету на поверхню води обумовлюються, зокрема, відсутністю безпосереднього візуального контакту саперу з вибухонебезпечним предметом та складною геометричною формою вибухонебезпечного предмету й, як наслідок, відсутністю безпосереднього

контакту вибухонебезпечного предмету з робочою поверхнею електромагніту, що знижує ефективність його підйому на поверхню води.

Авторами побудовано модель, що математично описує взаємодію феромагнітних елементів вибухонебезпечних предметів з електромагнітом у вигляді соленоїду на осерді з феромагнітного матеріалу під водою. Магнітна проникність води близька до одиниці, й вода незначно послаблює магнітне поле, яке крізь неї проходить. Тому водне середовище суттєво не впливає на магнітні властивості електромагніту за умов його належної гідроізоляції. Показано, що величина магнітної індукції, необхідна для захвату предмету, виготовленого з феромагнітного матеріалу, залежить від площі робочої поверхні електромагніту за законом, близьким до гіперболічного. Вибухонебезпечні предмети, виготовлені з феромагнітних матеріалів, можуть бути вилучені з води за допомогою електромагнітів з визначеним параметром $\mu \cdot I \cdot n$ (де μ – магнітна проникність матеріалу осердя, I – сила струму в обмотці, n – щільність намотування обмотки). Параметр $\mu \cdot I \cdot n$ є функцією квадратного кореня від маси предмету, що підіймається, та є обернено пропорційним діаметру осердя електромагніту. Для підйому феромагнітних вибухонебезпечних предметів вагою до 100 кг потрібне осердя, виготовлене з матеріалу з високою величиною магнітної проникності μ , та висока щільність намотування обмотки електромагніту. Магнітна індукція на відстані r від робочої поверхні електромагніту радіусом R , змінюється згідно закономірності $R^3/(R^2+r^2)^{3/2}$. Чим більшим є діаметр осердя електромагніту, тим повільніше зменшується магнітна індукція при віддаленні від нього.

Запропоновано конкретні рекомендації щодо вибору електромагніту у вигляді соленоїду на осерді з феромагнітного матеріалу для підйому на поверхню води артилерійських снарядів (пострілів) з феромагнітними елементами. Наприклад, для підйому на поверхню води 152 мм касетного артилерійського снаряду 3-О-13 з осколковими бойовими елементами вагою $F = 57,6$ кг [4] застосовується електромагніт у вигляді соленоїду на осерді з феромагнітного матеріалу діаметром 0,1 м. Якщо снаряд щільно прилягає до поверхні полюсу електромагніту, то електромагніт повинен мати на полюсі магнітну індукцію $B=0,42$ Тл. Для цього електромагніт повинен характеризуватися параметром $\mu \cdot I \cdot n=3,34 \cdot 10^5$ А/м. Якщо снаряд щільно не прилягає до поверхні полюсу електромагніту, а знаходиться на відстані, наприклад, 0,02 м від полюсу, то електромагніт повинен мати на полюсі вже магнітну індукцію $B=0,53$ Тл та параметр $\mu \cdot I \cdot n=4,22 \cdot 10^5$ А/м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Demz Company. URL: <https://demz.org/en/>
2. WOKO Magnet - und Anlagenbau GmbH. URL: <https://www.woko.de/de>
3. Efficient Shallow Underwater UXO Retrieval. Final Report MM-0606-FR.pdf 6/29/2010. URL: <https://serdp-estcp.mil/projects/details/6b04c4c0-2896-4bdf-8f56-57b34cf5ee0b?handler=downloadProjectDetails>
4. Смирнов О. М., Бондар О. В., Матухно В. В., Гасцієв С. Д., Поліщук Д. В. Загальна будова вибухонебезпечних предметів : навч. пос. Том II. Харків : НУЦЗУ, 2023. 489 с.

УДК: 631.62:356.

РЕГІОНАЛЬНА СПЕЦИФІКА ГОТОВНОСТІ ОРГАНІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДО РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ВОЄННОГО ХАРАКТЕРУ: КЕЙС МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Курепін В. М., к.економ.н., доцент

Миколаївський національний аграрний університет

В межах чинного законодавчого регулювання питань організації та функціонування системи цивільної захисту визначаються як пріоритетні для органів державної влади та місцевого самоврядування. Відповідно до статті 43 Закону України «Про місцеве самоуправління в Україні» та положень Кодексу цивільної захисту України, обласні та районні державні адміністрації, а також органи місцевого самоврядування зобов'язані забезпечувати постійний контроль за станом готовності системи цивільної захисту до оперативних та ефективних дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Такі вимоги спрямовані на формування комплексної та скоординованої системи реагування, здатної своєчасно протидіяти загрозам як природного, так і техногенного характеру.

Кодекс цивільної захисту України визначає цивільний захист як ключову державну функцію, орієнтовану на забезпечення захисту населення, територій, довкілля та майна від надзвичайних ситуацій шляхом упередження їх виникнення, організації ліквідації наслідків та надання допомоги потерпілим як у мирний час, так і в особливий період. Реалізація цієї функції передбачає комплексну діяльність уповноважених суб'єктів, відповідальних за захист населення і територій у межах виконання державних заходів у сфері оборони та безпеки [1, с. 266].

Призначення системи цивільного захисту полягає у створенні комплексної, ефективної та адаптивної моделі реагування на надзвичайні ситуації, здатної забезпечити належний рівень безпеки та стійкості суспільства. До ключових завдань системи належить забезпечення постійної готовності органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та підпорядкованих їм сил та засобів до превентивних та реагувальних дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Важливим напрямом є реалізація заходів, спрямованих на їх запобігання, що передбачає моніторинг ризиків, оцінку потенційних загроз та здійснення превентивних управлінських рішень. Значну роль відіграє формування та раціональне використання резервів матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для оперативного реагування та усунення наслідків кризових подій.

В межах діяльності системи цивільної захисту особлива увага приділяється оповіщенню населення про загрозу чи факт виникнення надзвичайної ситуації [2, с. 54], забезпечення своєчасного та достовірного інформування щодо поточної обстановки та вжитих заходів. Центральним компонентом виступає організація комплексної захисту населення, включаючи підготовку органів управління та громадян до чітких та злагоджених дій в умовах загрози. Система також охоплює проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, спрямованих на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій, а також організацію життєзабезпечення потерпілого населення. Усі ці елементи формують цілісну інституційну конструкцію, призначену забезпечити готовність держави до ефективного реагування на надзвичайні виклики та мінімізувати їх вплив на суспільство.

Готовність системи цивільної захисту до дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій воєнного характеру у громадах Миколаївської області визначається як комплексна характеристика ступеня спроможності органів влади, спеціалізованих служб та інфраструктурних підрозділів забезпечувати своєчасне реагування на воєнні загрози та мінімізувати їх наслідки для населення та територій. Вона формується на основі завчасного планування, належного нормативно-правового регулювання, достатності

матеріально-технічних ресурсів та професійної підготовки суб'єктів цивільної захисту [3, с. 270]. У контексті воєнного стану особливої ваги набуває здатність територіальних громад забезпечувати оперативну координацію між місцевими органами влади, військовими структурами, підрозділами ДСНС, установами охорони здоров'я та комунальними службами для організації безпечної евакуації населення, розгортання тимчасових укриттів та надання першочергової допомоги потерпілим.

У Миколаївській області зазначена готовність визначається також ефективністю функціонування систем раннього виявлення та оповіщення, спроможністю громад підтримувати працездатність критичної інфраструктури в умовах ракетних та артилерійських обстрілів, а також рівнем налагодженості логістичних маршрутів для переміщення гуманітарних вантажів та сил реагування. Важливою складовою є забезпечення стійкості місцевих комунікаційних мереж, що дозволяє підтримувати інформування населення та координацію між службами навіть за умов масштабних руйнувань [5, с. 99]. Готовність громад до дій у надзвичайних ситуаціях воєнного характеру також залежить від залучення населення до заходів підготовки, проведення навчань та тренувань, що сприяє формуванню практичних навичок поведінки в умовах загрози.

Таким чином, рівень готовності системи цивільної захисту Миколаївської області є результатом взаємодії організаційних, технічних, кадрових та комунікаційних факторів, які забезпечують її здатність ефективно функціонувати та реагувати на воєнні виклики в межах територіальних громад.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В. С., Курепін В. М. Реалізація заходів цивільного захисту у реформах місцевого самоврядування : матеріали Х всеукраїнської науково-практичної конференції «Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції». Миколаїв : МНАУ, 2023. С. 265–268. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15758>
2. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист : навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв : МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>
3. Іваненко В. С. Екологія та війна, погляд через минуле у майбутнє, глобальні виклики, загрози : materiały z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej «Ekologia i racjonalne zarządzanie przyrodą: edukacja, nauka i praktyka» [Zasób elektroniczny]. Łomża: MANS w Łomży, 2023. С. 265–275. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/16200>
4. Орешко А. Ф. Сьогоднішні проблеми громади міста Миколаїв : матеріали Х всеукраїнської заочної науково-практичної конференції «Проблеми цивільного захисту населення та безпеки життєдіяльності: сучасні реалії України». Київ : УДУ імені Михайла Драгоманова, 2024. С. 99–100. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17494>

РИЗИКИ ТА НАСЛІДКИ БЛЕКАУТІВ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Куренін В. М.

*Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення
Миколаївської міської ради*

Блекаут є надзвичайно серйозним викликом для будь-якої держави, проте масштаб проблеми істотно зростає, коли знеструмлення спричинене не технічними збоями чи несприятливими погодними умовами, а військовою агресією. Україна неодноразове пережила подібний критичний сценарій, коли масовані ракетні удари з боку росії спричинили масштабні відключення електроенергії по всій території держави [1, с. 45]. Внаслідок цих атак було порушено стабільність національної енергосистеми, що, в свою чергу, призвело до тяжких наслідків для значної кількості домогосподарств, що залишилися без електропостачання, тепла та засобів комунікації.

Зважаючи на масштабність подій, що вже мали місце, а також на високу ймовірність повторення подібних кризових ситуацій у майбутньому, особливу актуальність набуває питання підготовки та адаптації населення до умов тривалих відключень електроенергії. Усвідомлення потенційних ризиків та завчасне планування дій є визначальними факторами забезпечення безпеки [2, с. 73], стійкості та відносного комфорту домогосподарств у період енергетичного дефіциту, зокрема в зимовий сезон, коли потреба у стабільному електро- та теплопостачанні суттєво зростає.

Для зменшення негативних наслідків відсутності електропостачання та підвищення готовності домогосподарств до блекаутів важливо забезпечити наявність аварійного освітлення, такого як ліхтарики, світлодіодні лампи на акумуляторах або свічки, що розташовані у ключових приміщеннях для оперативного доступу. Рекомендується створити запас питної води та продуктів, які не потребують термічної обробки [3, с. 73], зокрема консервів, сухих снєків, горіхів або енергетичних батончиків.

Необхідно попередньо заряджати мобільні телефони, павербанки, ноутбуки та інші пристрої, що забезпечує підтримку комунікацій та доступ до актуальної інформації. Для збереження тепла слід мати додаткові ковдри та теплий одяг, а за можливості використовувати альтернативні джерела обігріву, наприклад газові або пічні прилади, дотримуючись правил безпеки.

Важливим аспектом є забезпечення безпеки житла: перевірка замків, наявність автономної сигналізації та систем відеоспостереження на акумуляторах підвищує захищеність під час відключення електрики. Пожежна безпека також залишається пріоритетом; при використанні відкритого вогню або генераторів слід дотримуватись інструкцій та розміщувати обладнання на відкритому повітрі, щоб уникнути відрування чадним газом.

Крім того, важливо підтримувати контакт із сусідами [4, с. 796], що дозволяє спільно вирішувати нагальні проблеми та підвищує загальний рівень безпеки громади. Системний підхід до підготовки та взаємодопомоги забезпечує стійкість домогосподарств і зменшує негативні наслідки блекаутів.

Підготовка до тривалих відключень електропостачання включає не лише матеріальні аспекти, а й психологічну та інформаційну готовність домогосподарств. Планування дій заздалегідь, зокрема обговорення сценаріїв поведінки з членами сім'ї та сусідами, а також підготовка контактів екстрених служб, аптечки та медичних препаратів, дозволяє мінімізувати стрес та підвищити оперативність реагування у кризових умовах.

Для підтримання позитивного настрою під час блекаутів доцільно мати під рукою розважальні засоби [5, с. 18], які не потребують електропостачання, зокрема книги,

настільні ігри чи інші аналогічні активності. Такі заходи сприяють психологічній стійкості та зменшують негативний вплив тривалого перебування без світла.

Комунікаційна готовність включає використання радіоприймачів на батарейках для отримання актуальної інформації про відновлення електропостачання, а також підтримку мобільного зв'язку. Рекомендується забезпечити зарядженість мобільних пристроїв та, по можливості, мати резервний телефон або SIM-карту іншого оператора для підвищення надійності зв'язку.

Таким чином, завчасне планування, комплексна підготовка матеріальних ресурсів, забезпечення психологічної стабільності та використання альтернативних джерел інформації та енергії дозволяють значно зменшити дискомфорт під час блекаутів та підвищити рівень безпеки домогосподарств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В. С. Фактори вразливості об'єктів перед терористичними нападами та шляхи їх подолання : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Problems of Emergency Situations». Черкаси : НУЦЗ України, 2025. С. 44–46. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/21484>

2. Іваненко В. С. Реалізація заходів цивільного захисту у реформах місцевого самоврядування : матеріали X всеукраїнської науково-практичної конференції «Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції». Миколаїв : МНАУ, 2023. С. 265–268. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15758>

3. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист : навч. посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв: МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>

4. Бацуровська І. В., Кашина Г. С., Любарець В. Професійна мобільність та безпека: як ефективно використовувати соціальні мережі для кар'єрного розвитку. Вісник науки та освіти (Серія «Філологія», Серія «Педагогіка», Серія «Соціологія», Серія «Культура і мистецтво», Серія «Історія та археологія»). 2025. № 2(32). С. 787–799. DOI: 10.52058/2786-6165-2025-2(32)-787-799.

5. Іваненко В. С. Стресостійкість, як вид психологічної особистості : тези доповідей за результатами тематичного «круглого столу» «Інформаційно-психологічна та техногенна безпека: історичні аспекти, особливості захисту суспільства та особистості». Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 18–20. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/12066>

ВИБІР МАКСИМАЛЬНИХ РОЗМІРІВ ПРИМІЩЕННЯ ДЛЯ РОЗПОДІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ СПРИНКЛЕРНИХ ПОВІТРЯНИХ СЕКЦІЙ СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Курченко В. Г.,

Мурін М. М., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

На спринклерні повітрянозаповнені секції залежно від класу приміщення з пожежної небезпеки та типу секції (є в наявності акселератор (ексгаустер) або такий пристрій відсутній) накладаються обмеження на застосування таких систем, які сформульовані в [1], а саме:

- максимально припустимий об'єм трубопроводів (V_{\max}) незаповнених водою;
- максимальний проміжок часу (t_{\max}), що необхідний для заповнення цих трубопроводів.

У цій задачі визначаються параметри розподільчої мережі залежно від геометричних розмірів приміщення, що захищається.

Загальний обсяг трубопроводу, заповненого повітрям, у спринклерній повітряній системі можна визначити з виразу:

$$V_{TP} + \sum_{i=1}^N V_{B_i} = V_{\max} - V_{жив}, \quad (1)$$

де V_{TP} – обсяг центрального розподільчого трубопроводу розподільчої мережі в приміщенні, що захищається;

$\sum_{i=1}^N V_{B_i}$ – сумарний обсяг гілок розподільчої мережі в приміщенні, що захищається;

N – число гілок;

V_{\max} – максимально-припустимий об'єм трубопроводів для повітрянозаповненої спринклерної системи визначається за [1] залежно від класу приміщення з пожежної небезпеки;

$V_{жив}$ – об'єм живильного трубопроводу залежить від розміщення (розташування) вузла керування.

Загальна схема розміщення трубопроводів в приміщенні, що захищається довжиною A і шириною B представлена на рис. 1.

Довжина центрального трубопроводу L – це функція, яка залежить від 5-ти змінних, причому змінні V_{\max} , D і d можуть приймати дискретні фіксовані значення згідно [1, 2].

$$L = \frac{V_{\max} - V_{мин}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} + \frac{1}{s} \cdot l \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}. \quad (2)$$

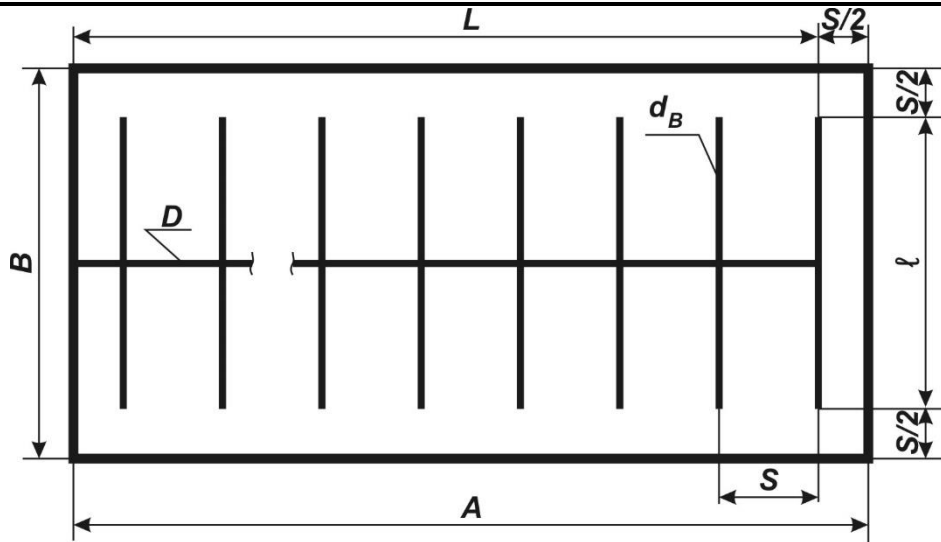


Рисунок 1 – Схема розміщення трубопроводів у приміщенні, що захищається

Запропонований підхід дозволив визначити граничні значення припустимих розмірів приміщень з урахуванням обмежень, що накладаються для трубопроводу $\varnothing 100$ мм (рис. 2).

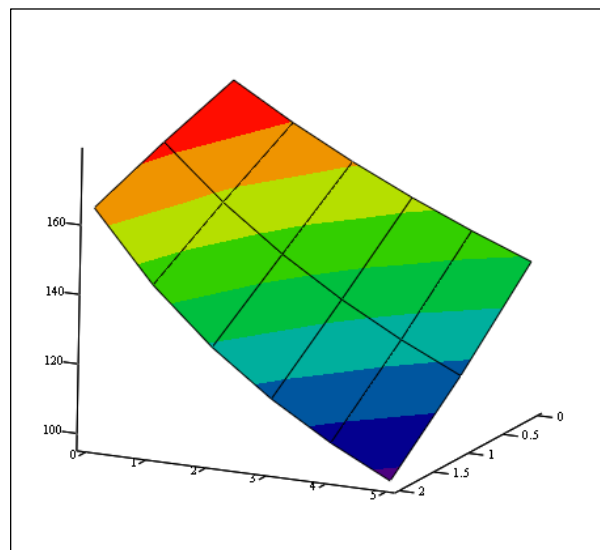


Рисунок 2 – Область гранично припустимих розмірів приміщення для центральних трубопроводів $\varnothing 100$ мм

Отримані результати можуть бути корисними інженерам-проектувальникам під час складання проектів автоматичних систем водяного пожежогасіння реальних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стационарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування. (EN 12845:2016, IDT): ДСТУ EN 12845:2016. [Чинний від 2016-09-01]. (Національний стандарт України).
2. Автоматичний протипожежний захист об'єктів. Частина 3: посібник / Укладачі: О. А. Дерев'янку, В. В. Христинч, С. М. Бондаренко, М. М. Мурін, О. А. Антошкін. Харків : НУЦЗУ. 2014. 282 с.

ШЛЯХИ РОЗШИРЕННЯ УМОВ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКОВИХ ЗАСОБІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ТА ЇХ ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

Куценко М. А., к.економ.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні засоби пожежогасіння, що діють за механізмом хімічного інгібування (порошкові композиції), мають значну перевагу над охолоджувальними або ізолювальними агентами при гасінні пожеж органічних речовин та матеріалів [1, 2]. Вони потребують меншої витрати речовини та мають високу екологічну безпеку порівняно з хладонами, які руйнують озоновий шар. Проте стандартні вогнегасні порошки мають суттєві обмеження: короткочасність дії, неможливість застосування на водних поверхнях через високу густина солей.

Ефективність порошків базується на дезактивації вільних радикалів, що виникають під час горіння органічних речовин. Введення лише 2–3 % інгібітору за об'ємом здатне припинити полум'яне горіння. Головними компонентами таких засобів є фосфати та карбонати амонію, калію та натрію. Проте їхня висока питома густина (у 2–3 рази більша за густина води) призводить до того, що при гасінні палива, розлитого на поверхні водойм, порошок миттєво занурюється, залишаючи зону горіння парів.

Проблематика гасіння складних об'єктів:

1. Нафтопродукти на воді. При аваріях танкерів використання води неможливе, а піноутворювачі зменшують концентрацію та часто є токсичними для флори та фауни. Традиційний порошок не забезпечує плавучості.

2. Торфовища. Поширене уявлення про самозаймання в глибині торфу є малоймовірним. Пожежі зазвичай виникають на поверхні через антропогенний фактор. Традиційні засоби неефективні через швидке випаровування води або вимивання порошкових солей у нижні шари ґрунту під дією дощу.

Метою дослідження є пошук шляхів усунення недоліків вогнегасних порошків для різного типу пожеж.

Одним із найбільш перспективних методів модернізації є іммобілізація вогнегасних солей на внутрішню поверхню високопористих носіїв. На базі Національного університету цивільного захисту України розроблено [3–5] дві основні модифікації:

– На мінеральній основі. Спучений вермікуліт або перліт. Завдяки вакуумному насиченню капілярів розчинами солей отримуються легкі гранули (насіпна маса 0,7–0,8 г/см³).

– На органічній основі. Деревна тирса. Завдяки еластичності стінок капілярів вона вбирає вогнегасну речовину під дією механічного стискання.

Композиції створювали шляхом просочення носіїв солями фосфатної кислоти: амонійфосфатом та діамонійфосфатом. Для цього у випадку мінеральних носіїв з їх жорсткою структурою використовується вакуумна техніка. Висушування залишає легкі гранули, капіляри в яких заповнені адсорбованою вогнегасною сіллю. Співвідношення носій:сіль регулюється так, щоб насіпна маса висушеного продукту була не більшою за 0,7–0,8 г/см³, що при застосуванні дозволяє засобу завжди плавати на водній поверхні.

Тирса ж деревини, завдяки еластичності стінок капілярів, дозволяє заповнювати ці капіляри і без вакууму, просто декілька разів стискаючи і відпускаючи масу тирси у розчині, який ця маса вбирає подібно губці.

Механізм вогнегасної дії полягає в тому, що сіль амонію – діамонійфосфат при нагріванні до температури 155 °С одночасно з плавленням розкладається на аміак та амонійфосфат; останній при температурі 250 °С розкладається на аміак, воду та метафосфатну кислоту. В свою чергу метафосфатна кислота при температурі 300 °С

перетворюється в декілька полімерних фосфатних кислот, які володіють вогнегасними властивостями. Вермікуліт при попаданні в полум'я не змінюється, а деревна тирса піролізується в оточені антипіренів (фосфати), що прискорюють коксування. Таким чином, при введенні в зону горіння, температура в якій набагато вища, навіть за температуру кінцевої стадії піролізу деревини, тирса швидко перетворюється у високопористий кокс, вивільнюючи вогнегасні компоненти. І вогнегасні солі, і продукти їх розпаду потрапляють безпосередньо в зону горіння. Над кожною піролізованою частинкою утворюється хмара тонкорозпиленого інгібітору.

Переваги нових композицій [6]:

1. Постійна плавучість. Гранули утримуються безпосередньо в зоні горіння парів нафтопродуктів, забезпечуючи тривале інгібування та часткову ізоляцію поверхні випаровування.

2. Захист від опадів. Солі, адсорбовані у вузьких порах, не вимиваються дощем. Це дозволяє використовувати засіб для превентивного захисту торфовищ терміном на 2–3 роки.

3. Технологічність. Використання гранул фракцією 2–4 мм спрощує процес сушіння та фільтрації на виробництві, усуваючи проблему пилоутворення та злежування, властиву дрібнодисперсним порошкам.

4. Екологічність. Після використання мінеральні носії зі залишками солей можуть бути зібрані або залишені в ґрунті як добриво та засіб для структурування земель. Модифікація вогнегасних порошоків шляхом капілярної іммобілізації солей у пористі носії дозволяє подолати їхні ключові недоліки. Це розширює сферу застосування порошкових засобів на складні об'єкти (водойми, торфовища), знижує витрати на пожежогащення та забезпечує високу екологічну безпеку. Техніко-економічні розрахунки підтверджують конкурентоспроможність таких засобів порівняно з серійними композиціями типу П-2АПМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слагін Г. І. та ін. Теорія виникнення, розвитку, горіння та вибуху. Припинення горіння. Черкаси : ЧПБ, 2020. 490 с.
2. Жартовський С. В., Мирошник О. М., Тищенко Є. О. Вогнегасні порошки та умови їх застосування: навч. посіб. Черкаси : вид. Третьяков О. М. 2020. 250 с.
3. Спосіб обмеження розповсюдження пожеж на торф'яниках: патент 135418 Україна. Опубл. 25.06.2019, Бюл. 12.
4. Спосіб виготовлення вогнегасного засобу: патент на корисну модель 144951 Україна. Опубл. 10.11.2020, Бюл. № 21.
5. Спосіб запобігання поширенню пожежі на торфовищі: патент на корисну модель 153448 Україна. Опубл. 05.07.2023, Бюл. № 27.
6. Jelagin, G. I. et al. (2024). Development of fire prevention measures on peat plates. The scientific heritage. 136. 36–43.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ГАСІННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Лазаренко О. В., к.т.н., доцент,

Пазен О. Ю., к.т.н.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Розробка та дослідження ефективності дії вогнегасних речовин залишається актуальною науковою задачею, тим більше для нових речовин, хімічних сполук чи виробів. Відповідно, актуальною науковою задачею на сьогодні залишається вибір та встановлення правильного алгоритму гасіння літій-іонних акумуляторних батарей (ЛІАБ). Враховуючи специфіку їхнього горіння гасіння ЛІАБ може бути досить варіативним, а визначення оптимальної вогнегасної речовини дещо ускладненим [1]. З іншої сторони більшість наукових досліджень, зокрема [2], стверджують, що саме спосіб охолодження за рахунок пониження безпосередньої температури літій-іонного елемента живлення (ЛІЕЖ) або ЛІАБ сприятиме безпосередній зупинці термохімічної реакції горіння та як наслідок швидшому гасінню.

Попередні результати дослідження [3] ефективності зниження внутрішньої температури ЛІЕЖ з використанням води та CO_2 показали наступні результати (рис. 1).

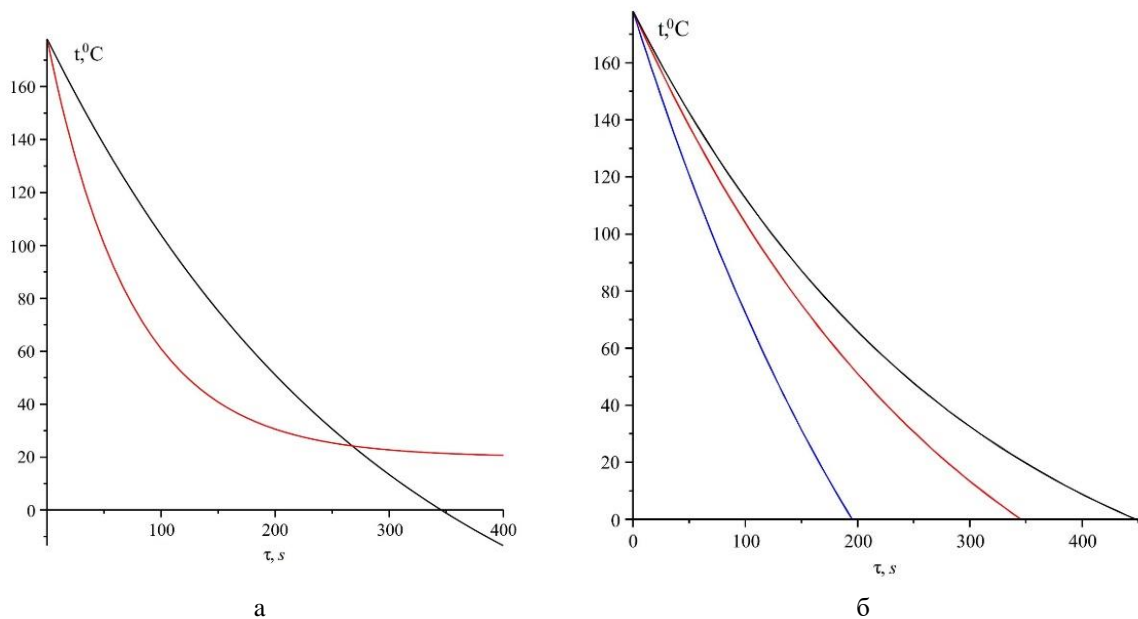


Рисунок 1 – Математичне моделювання процесу охолодження ЛІЕЖ: а) з використанням води (червона крива) та вуглекислотного вогнегасника (чорна крива); б) порівняння швидкості охолодження ЛІЕЖ з використанням вогнегасної речовини з різною початковою температурою: чорна – 50 $^\circ\text{C}$; червона – 80 $^\circ\text{C}$; синя – 190 $^\circ\text{C}$

У відповідності до зазначених даних можна стверджувати, що ефективність використання CO_2 для охолодження ЛІЕЖ та попередження поширення горіння в ЛІАБ є сумнівною. Зокрема швидкість падіння температури, $^\circ\text{C}/\text{s}$ під час використання CO_2 склала $0,85 \div 0,32$, та $1,88 \div 0,14$ з використанням води (H_2O). Математичне моделювання з подальшою побудовою графічної залежності рис.1.б показує, що за таких умов час охолодження внутрішнього наповнення складає: 50 $^\circ\text{C}$ –450 с до 0 $^\circ\text{C}$; 80 $^\circ\text{C}$ –345 с до 0 $^\circ\text{C}$; 190 $^\circ\text{C}$ –195 с до 0 $^\circ\text{C}$.

Отримана математична модель та результати експериментальних досліджень дають змогу змодельовати час охолодження повнорозмірної ЛІАБ з подальшою оцінкою ефективності використання води та іншої вогнегасної речовини, для прикладу CO_2 , з різними початковими температурами, рис. 2.

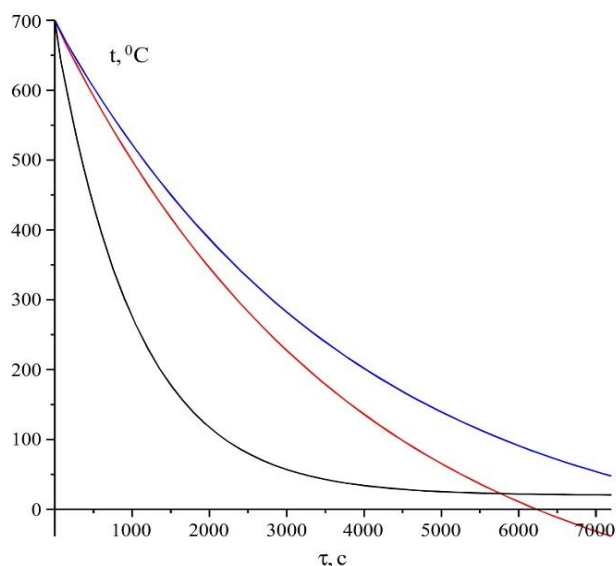


Рисунок 2 – Математичне моделювання швидкості охолодження ЛІАБ: порівняння ЛІЕЖ з використанням вогнегасної речовини з різною початковою температурою: чорна – 20 °C; червона – -80 °C; синя – -190 °C

Результати моделювання, рис. 2, дають підстави стверджувати, що час охолодження ЛІАБ з використанням води до температури 20 °C становитиме близько 4500 с., що в порівнянні з іншими речовинами (зокрема CO_2) з першопочатковою температурою -80 та -190 °C становитиме 5500 та 7500 с. відповідно. Однак, основним обмеженням використання води як вогнегасного засобу є урівноваження температурних показників джерела запалення та вогнегасної речовини, що в теорії може лише призупинити протікання термохімічної реакції, чому є практичні підтвердження. Використання ж вогнегасної речовини з від'ємною першопочатковою температурою дає можливість охолодити ЛІАБ нижче за 0 °C, що теоретично дає підстави повністю зупинити протікання термохімічної реакції. Таким чином мінімальний час охолодження ЛІАБ до температури нижче 0 °C складатиме 6200 с.

Отриманні результати дають змогу спрогнозувати та встановити параметри інтенсивності подачі відповідного вогнегасного засобу для охолодження ЛІАБ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пархоменко В.-П. О, Лазаренко О. В., Сукач Р. Ю. Аналіз обладнання для гасіння електромобілів та розробка рекомендацій з їх гасіння. Пожежна безпека. 2023. № 42. С. 74–84. DOI: 10.32447/20786662.42.2023.09.
2. Torelli, D. A., Faenza, N., Johns, P., Lawton, S., Frake, J. (2024) Evaluation of Fire Spread and Suppression Techniques in Micro-Mobility Battery Packs. ECS Advances. 3. 010501. DOI: 10.1149/2754-2734/ad1a72.
3. Lazarenko, O., Pazen, O., Ferents, N., Adolf, I., Parkhomenko, V.-P. (2025). Experimental determination of the effect of fire-extinguishing agents on a decrease in the temperature indicators of cylindrical lithium-ion batteries. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 6(10 (138)). 22–31. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.343574.

СТАТИСТИКА ПОЖЕЖ НА АВТОСТОЯНКАХ ЗАКРИТОГО ТИПУ

*Липовий В. О., к.т.н., доцент
Національний університет цивільного захисту України*

За статистикою [1], основними причинами пожеж на автостоянках є несправність двигуна транспортного засобу, коротке замикання, несправність системи охолодження, паливної системи автомобіля, перегрів двигуна, підпал тощо.

Причина пожежі – це джерело або сукупність обставин, які призвели до виникнення займання та подальшого поширення вогню. Встановлення причини пожежі є ключовим етапом розслідування пожежі, яке проводиться для виявлення винних осіб, запобігання подібним випадкам у майбутньому та розрахунку збитків. За методиками, причину пожежі визначають за основними етапами:

У таблиці 1 наведені дані щодо пожеж на автостоянках закритого типу, що відбулися в країнах Європейського союзу у 2024, 2025 роках.

Таблиця 1 – Місця виникнення пожеж на автостоянках закритого типу та кількість загиблих [2].

Місце виникнення пожежі	Стеля, дах, покрівля	Підлога, настил, ферма, балка	Стіна, перегородка	Отвір (вікно, двері, ворота, люк)	Сходовий марш	Будівельні конструкції
2024 рік						
Кількість пожеж	937	1572	2315	102	1	288
Кількість загиблих	6	50	17	0	0	6
2025 рік						
Кількість пожеж	928	1539	2505	101	0	319
Кількість загиблих	4	43	14	0	0	9

На рис. 1 представлені дані про пожежі на транспорті (14,3 % від загальної кількості пожеж), що сталися в країнах ЄС за даними [2].



Рисунок 1 – Інформація про пожежі на транспорті, що сталися в країнах ЄС

У таблиці 2 представлені статистичні дані Національної ради безпеки на транспорті (NTSB) [3] щодо пожеж в автомобілях залежно від джерела енергії транспортного засобу.

У таблицях 2 та 3 представлені статистичні дані [3] щодо пожеж в автомобілях залежно від джерела енергії транспортного засобу.

Таблиця 2 – Кількість пожеж в автомобілях залежно від джерела енергії, що використовується (США, 2025)

Джерело енергії	Загальна кількість пожеж
Двигун внутрішнього згорання	199 533
Гібрид (частково електрика)	16 051
Акумулятор електричний	52

Таблиця 3 – Статистичні дані щодо пожеж електромобілів в США

Рік	Число загорянь електромобілів під час руху	Число загорянь електромобілів під час стоянки	Кількість смертельних випадків
2025	18	34	15
2024	14	10	11
2023	5	0	5
2022	4	9	2

Як можна спостерігати з даних таблиці 2 з 2022 до 2025 року зростає кількість пожеж за участю електромобілів, у тому числі зі смертельними наслідками. Це щорічним збільшенням загальної абсолютної кількості використовуваних електромобілів у світі. При цьому на сьогоднішній момент не існує вогнегасних речовин, здатних припинити горіння літій-іонного акумулятора, тому що при нагріванні його окислювач виділяється безпосередньо всередині корпусу в результаті хімічних реакцій. При загорянні електромобіля його, як правило, гасять методом повного вигорання горючого навантаження, по можливості забезпечуючи безпеку людей і майна, що знаходяться поруч.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися у 2025 році. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/5/5/1/7/8/2/analitichna-dovidka-pro-pozezi-2025.pdf> (дата звернення 13.02.26).
2. International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire (KTIF). [Електронний ресурс]. URL: <https://ctif.org>
3. Національна рада з безпеки на транспорті (англ. National Transportation Safety Board, NTSB). URL: <https://www.nts.gov/Pages/home.aspx>

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕРМОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКІВ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

Литвин М. В.,

Лин А. С., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Актуальність розробки нових та удосконалення існуючих методів оцінки зумовлена тим, що випробувальна база не повною мірою відповідає європейським вимогам, а вимоги до показників якості встановлені застарілими нормативними документами, які на сьогодні уже не чинні. Аналіз методів оцінки показників якості щодо стійкості до дії теплового випромінювання захисного одягу пожежника-рятувальника проводився відповідно до діючих національних стандартів України та міжнародних нормативних документів [2–4]. У той же час з метою наближення випробувальної бази до європейської необхідно удосконалити випробувальне обладнання та розробити і впровадити сучасні засоби вимірювальної техніки.

Насамперед необхідно, щоб пожежники-рятувальники були не тільки професійно та психологічно підготовлені, але й екіпіровані надійними та ефективними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), термозахисні характеристики яких повинні бути науково обґрунтовані і досліджені з допомогою приладів і устаткування, що максимально наближають умови експериментів до реальних умов експлуатації.

Аналіз літератури свідчить про недостатність інформації стосовно методів та устаткування для дослідження захисних властивостей захисного одягу пожежників-рятувальників. Вивчення спеціальних матеріалів, які захищають від впливу високотемпературних джерел (теплове випромінювання, конвективне тепло) проводять в основному у лабораторних умовах з використанням стендів.

Лабораторні методи досліджень дають змогу оцінити стійкість зразків матеріалів певної площі до теплового випромінювання інтенсивністю від 7 кВт/м² до 40 кВт/м², конвективного та контактного тепла в межах 180 °С–300 °С.

Стендові випробування проводяться на конкретних виробках (куртка, штани) з використанням манекена в закритих приміщеннях (вогневих камерах). Якщо стендові випробування матимуть негативні результати, виріб повертається в лабораторію на доопрацювання, а в разі позитивних оцінок – на полігонні дослідження. Отже стендові випробування є необхідною і важливою стадією науково-технічного процесу створення ЗІЗ.

Полігонні випробування [1] – проведення досліджень при залученні випробувальників-добровольців, які можуть бути замінені на манекен в тому разі, коли небезпечні фактори пожежі (НФП) відносяться до високого класу небезпек. Таким чином очевидно, що умови стандартів передбачають використання матеріалів для указаних засобів індивідуального захисту з точки зору їх термостійкості.

На рис. 1 зображена класична схема проведення випробувань, яка може бути змінена в тому разі, коли НФП відносяться до високого класу небезпек. В зв'язку з цим, рекомендується полігонні випробування проводити в два етапи. На першому етапі, якщо його доцільність обґрунтована, випробування проводиться за допомогою манекена. Коли результат позитивний, то другий основний етап досліджень слід проводити при залученні випробувачів.

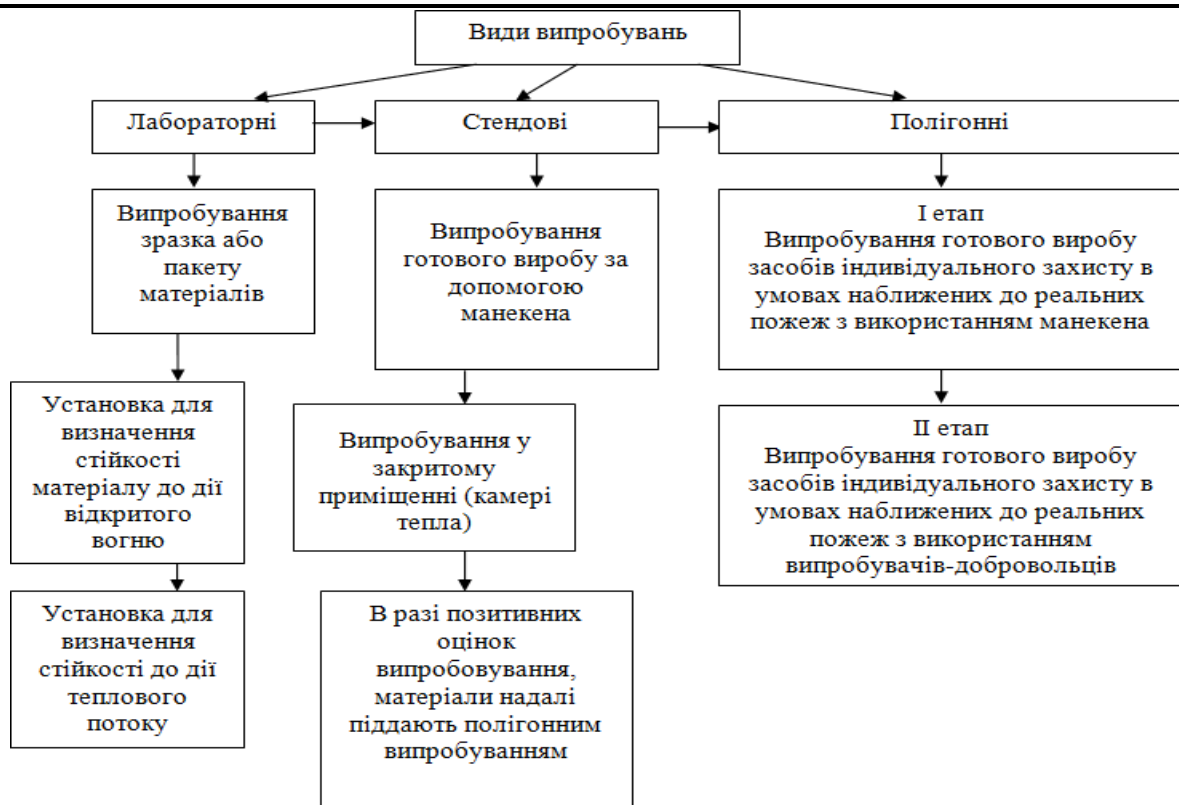


Рисунок 1 – Види випробувань засобів індивідуального захисту пожежників- рятувальників

Окрім цього слід зазначити, що розробка універсальних методик, приладів, стендів та устаткування є важкою задачею яку необхідно вирішувати, особливо якщо це пов'язано з полігонними випробуваннями, оскільки вони мають перевагу над стендовими.

Проведений огляд літератури показує, що діючі методики не систематизовані і їх практичне використання потребує наукового обґрунтування. Необхідно зазначити, що основними недоліками є те, що будь-які випробування захисного одягу пожежників-рятувальників не є максимально наближеними до реальних умов пожежі, а установки, що використовуються для досліджень, є застарілими та потребують модернізації із впровадженням сучасних технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козяр М. М., Ковалишин В. В., Штайн Б. В., Болібрух Б. В., Лин А. С. Полігон для вогневих випробувань захисного одягу пожежника. Патент 32071 Україна, МПК (2006), А 41 D 31/00. № u 2007 02747; заявл. 15.03.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9. С. 6.
2. ДСТУ 9209:2023 Засоби індивідуального захисту пожежників. Класифікація, технічні вимоги та методи випробування. Чинний від 01-08-2023. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2023.
3. ДСТУ EN 469:2017 Захисний одяг для пожежників. Вимоги щодо показників якості захисного одягу для пожежників (EN 469:2005; A1:2006; AC:2006, IDT) Чинний від 01-01-2019. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2017. 39 с.
4. ДСТУ EN 1486:2010 (EN 1486:2007, IDT). Одяг захисний для пожежників. Методи випробування та вимоги до відбивального одягу пожежників. Київ, 2012. 32 с.

ЦИФРОВІ РІШЕННЯ ДЛЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ У СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Мельник В. І., к.ю.н., доцент

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Зростання частоти та складності надзвичайних ситуацій (далі – НС), їх комбінований характер і каскадні наслідки для об'єктів критичної інфраструктури зумовлюють потребу переходу від переважно реактивного реагування до ризик-орієнтованого управління в системі цивільного захисту [1]. Для інфраструктурних об'єктів життєзабезпечення (енергетика, водопостачання, транспорт, зв'язок, об'єкти соціальної сфери) [2] локальна подія може швидко перерости у багатосекторну кризу через вторинні відмови та залежність суміжних систем, що прямо впливає на національну безпеку та стійкість територій. За таких умов ключовими стають технології, які скорочують час виявлення загрози, підвищують якість оцінювання ризиків, забезпечують прогноз розвитку подій і підтримують прийняття рішень у режимі реального часу в межах повного циклу цивільного захисту: попередження, готовність, реагування та відновлення [3].

Цифрова трансформація управління НС ґрунтується насамперед на даних. Перспективним є впровадження розподілених сенсорних мереж та Інтернету речей (IoT) для безперервного моніторингу параметрів, що визначають пожежну, техногенну та інженерну безпеку об'єктів критичної інфраструктури (температура, задимленість, концентрація газів, тиск, вібрація, деформації конструкцій, рівні води, показники електромереж тощо), із автоматизованою передачею даних до чергово-диспетчерських служб і ситуаційних центрів, що забезпечує раннє виявлення аномалій та своєчасне прийняття управлінських рішень у системі цивільного захисту. Цінність таких систем полягає у формуванні «слабких сигналів» на ранніх стадіях, коли ще можливі маловитратні превентивні заходи. Ефективність моніторингу суттєво зростає при поєднанні наземних даних із дистанційним зондуванням і застосуванням безпілотних технологій, які забезпечують оперативну візуалізацію обстановки, уточнення зон ураження та перевірку доступності маршрутів для сил реагування. Водночас для цілей цивільного захисту принципово важливими є резервування каналів зв'язку і живлення, а також гарантована працездатність засобів збору даних у кризових умовах.

Наступним рівнем є аналітика даних і прогнозування, що дозволяє перейти від фіксації події до керування ризиком. Методи машинного навчання та математичного моделювання можуть застосовуватись для виявлення аномалій у технологічних процесах, оцінювання ймовірності відмов обладнання (обслуговування за станом), прогнозу поширення пожеж/димових шлейфів, паводкових хвиль або інших небезпечних факторів, а також для оцінювання сценаріїв каскадних відмов між взаємопов'язаними системами. Практичний ефект таких підходів полягає у підвищенні точності прогнозу, обґрунтованій пріоритезації профілактичних заходів і скороченні простоїв, однак їхня надійність прямо залежить від якості даних, правил їх накопичення, валідації, а також від прозорості критеріїв точності та меж застосовності моделей у різних сценаріях.

Для своєчасного реагування критичною є інтеграція інформації та координація між суб'єктами цивільного захисту й операторами інфраструктури. Розвиток ситуаційних центрів та платформ «єдиної картини обстановки» дає змогу об'єднувати дані від систем моніторингу об'єктів, служб екстреного реагування, метеорологічних джерел, медичних і логістичних служб та каналів оповіщення. Це скорочує час на узгодження, підвищує

ситуаційну обізнаність і зменшує управлінські помилки, особливо в перші години розвитку НС. Додатковий результат забезпечують алгоритми підтримки прийняття рішень: оптимізація маршрутизації підрозділів, розрахунок потреб у ресурсах, визначення пріоритетів відновлення, управління евакуацією та інформуванням населення/персоналу із сегментацією за зонами ризику. Особливо актуальним є застосування робототехніки та дистанційно керованих засобів для розвідки і виконання робіт у небезпечних середовищах, що знижує ризики для особового складу та підвищує безперервність робіт.

На етапі відновлення та підвищення стійкості перспективними є цифрові двійники об'єктів і територій, які дозволяють моделювати аварійні режими, перевіряти плани реагування та відновлення, відпрацьовувати сценарії без зупинки реальних процесів, а також накопичувати знання на основі аналізу інцидентів. Це підсилює підготовку персоналу та дає можливість завчасно оцінювати ефективність різних стратегій резервування, реконфігурації мереж і поетапного запуску систем після події, а також узгоджується з принципом Build Back Better, який передбачає відновлення після НС не шляхом простого повернення до попереднього стану, а з підвищенням стійкості об'єктів і зменшенням їх уразливості до повторних ризиків [3].

Запровадження цифрових технологій у цивільному захисті доцільно здійснювати поетапно: від аудиту ризиків і готовності даних – до пілотних проєктів із вимірюваними показниками результативності (час виявлення і підтвердження інциденту, час реагування, точність прогнозу, зменшення втрат/простоїв), далі – до стандартизації обміну даними та інтеграції, масштабування і системного навчання персоналу, після чого – до циклу безперервного вдосконалення на основі аналізу інцидентів і навчань. Відтак, на етапі відновлення доцільно орієнтуватися на підхід Build Back Better – модернізацію інженерних рішень, резервування критичних функцій та оновлення процедур, що забезпечує підвищення стійкості систем цивільного захисту і критичної інфраструктури [3]. Основними бар'єрами залишаються фрагментованість даних між організаціями, кадровий дефіцит (аналітика, кіберфахівці, оператори систем), фінансові обмеження, а також кіберризик, що зростають із розширенням цифрових контурів управління. Відповідно, цифровізація має супроводжуватись принципом secure-by-design, сегментацією мереж, резервними контурами, журналюванням подій, регулярними аудитами та організаційними регламентами взаємодії між суб'єктами цивільного захисту й операторами критичної інфраструктури.

Таким чином, цифрові рішення моніторингу, аналітики, підтримки прийняття рішень і моделювання забезпечують практичний інструментарій для ризик-орієнтованого управління НС у системі цивільного захисту. Їх комплексне впровадження підвищує оперативність і обґрунтованість управлінських рішень, скорочує час реагування, знижує масштаби наслідків і прискорює відновлення функцій критичної інфраструктури, що безпосередньо сприяє зміцненню національної стійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 р. № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17?utm_source=chatgpt.com#Text
2. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16 листопада 2021 р. № 1882-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20?utm_source=chatgpt.com#Text
3. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Headquarters United Nations Office for Disaster Risk Reduction. URL: https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030?utm_source=chatgpt.com

АЛГОРИТМ ЕВАКУАЦІЇ ПОСТРАЖДАЛОГО, ЗАВИСЛОГО НА СТРАХУВАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ, ПРИ РЯТУВАЛЬНИХ РОБОТАХ НА ВИСОТІ

Мельниченко А. С., PhD, доцент

Національний університет цивільного захисту України

Аварійно-рятувальні роботи на висоті із застосуванням техніки канатного доступу належать до категорії технічно складних і потенційно небезпечних операцій, що вимагають чіткого алгоритму дій, належної підготовки персоналу та використання сертифікованого спорядження. Особливої уваги потребують ситуації, коли постраждалий перебуває у підвішеному стані та не здатний до самостійних дій.

Розглядається сценарій рятувальних робіт, за якого доступ до постраждалого здійснюється зверху, а евакуація – вниз, за участю двох рятувальників. Постраждалий перебуває без свідомості або у стані, що унеможливорює самостійне пересування, та завис на точці А страхувальної прив'язі, зокрема на страхувальному вусі з амортизатором ривка, що вже спрацював.

На початковому етапі рятувальних робіт організовується анкерна точка для проведення евакуації, яку доцільно розміщувати максимально близько до постраждалого по вертикальній осі. Другий рятувальник встановлює на анкерній точці спусковий або рятувальний пристрій та здійснює контрольований спуск першого рятувальника до постраждалого (рис. 1).

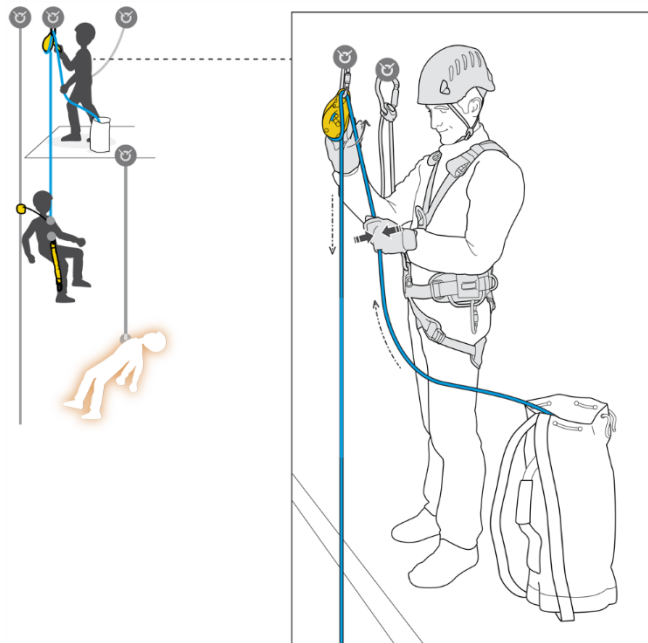


Рисунок 1 – Спуск рятувальника до постраждалого з використанням спускового пристрою

Після досягнення постраждалого перший рятувальник виконує підготовчі дії для подальшого перенесення навантаження. З цією метою на точку А, на якій завис постраждалий, встановлюється поліспадна система, що забезпечує можливість контрольованого зняття навантаження з первинного страхувального елемента (рис. 2б).

За допомогою поліспадної системи здійснюється плавне перенесення ваги постраждалого на рятувальну мотузку (рис. 2 в), після чого первинний страхувальний вус зі спрацьованим амортизатором ривка від'єднується. Завершальним етапом рятувальних

робіт є контрольований спуск постраждалого разом із рятувальником до безпечної зони, який здійснюється другим рятувальником із використанням спускового пристрою, встановленого на анкерній точці (рис. 2 г).

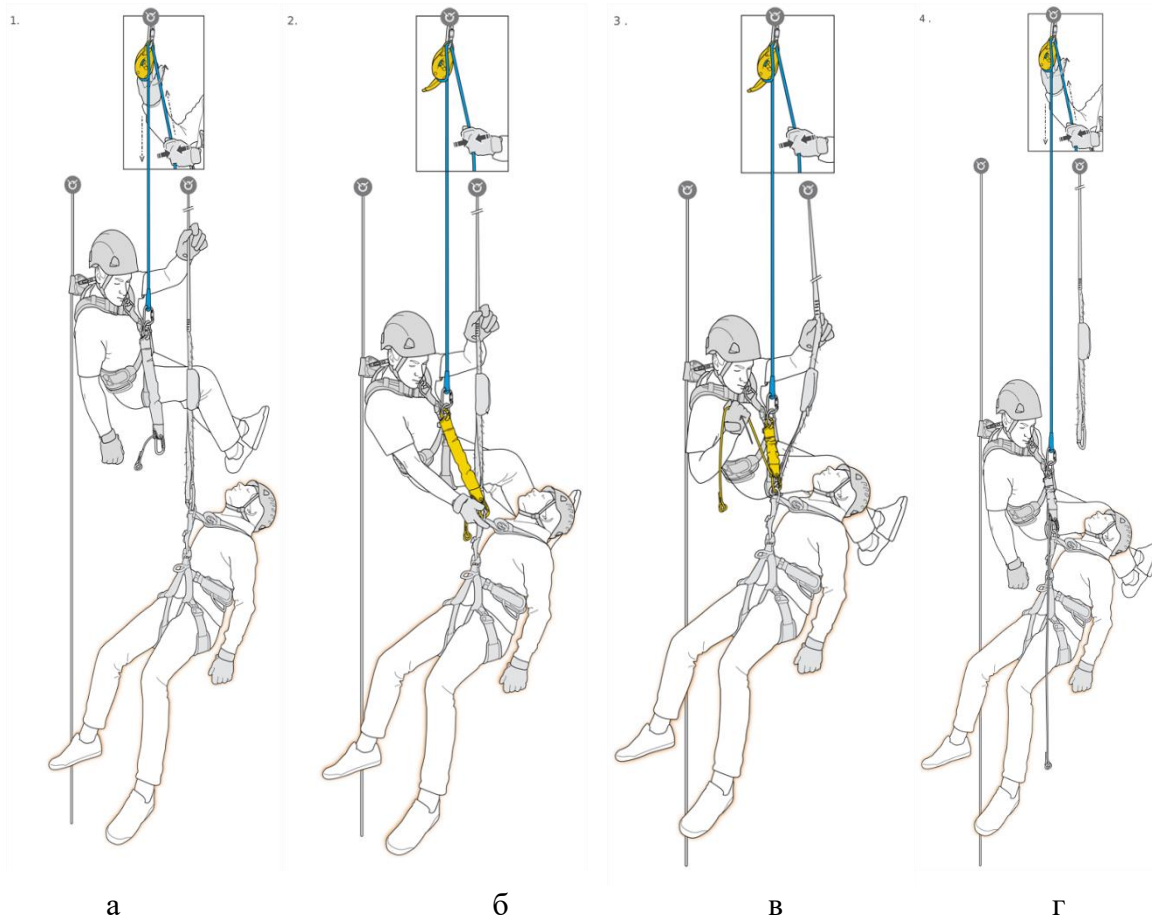


Рисунок 2 – Етапи евакуації постраждалого при доступі зверху вниз:
а – підготовка рятувальної системи та організація спуску;
б – установка поліспавної системи на точку А;
в – перенесення ваги постраждалого на рятувальну систему;
г – контрольований спуск постраждалого разом із рятувальником

Розглянутий алгоритм рятувальних робіт забезпечує можливість безпечної евакуації постраждалих у разі втрати ними працездатності на висоті та може бути рекомендований для практичного застосування підрозділами, що виконують аварійно-рятувальні роботи в умовах підвищеного ризику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Petzl. Release and rescue – evacuation scenarios using rope access techniques.
URL: <https://www.petzl.com/INT/en/Professional/Release-and-rescue-of-a-co-worker-suspended-on-a-long-rope-?ActivityName=On-site-rescue>

АЛГОРИТМ ЕВАКУАЦІЇ ПОСТРАЖДАЛОГО, ЗАВИСЛОГО НА СПУСКОВОМУ ПРИСТРОЇ, ПРИ РЯТУВАЛЬНИХ РОБОТАХ НА ВИСОТІ

*Мельниченко А. С., PhD, доцент,
Іваненко Я. С.*

Національний університет цивільного захисту України

Аварійно-рятувальні роботи на висоті нерідко потребують негайного реагування та мінімізації часу перебування постраждалого у підвішеному стані. В окремих випадках рятувальні заходи можуть виконуватися одним рятувальником із використанням штатної системи канатного доступу постраждалого без організації додаткових анкерних точок.

Розглядається сценарій екстреної евакуації постраждалого, який завис на спусковому пристрої. Доступ до постраждалого здійснюється зверху, а кінцевим пунктом евакуації є нижній безпечний рівень. Рятувальні роботи виконуються одним рятувальником із використанням робочої та страхувальної мотузок постраждалого.

На початковому етапі рятувальник здійснює спуск до постраждалого по страхувальній мотузці постраждалого, яка не перебуває під навантаженням. Такий спосіб доступу дозволяє швидко наблизитися до постраждалого без зміни конфігурації існуючої системи канатного доступу (рис. 1).

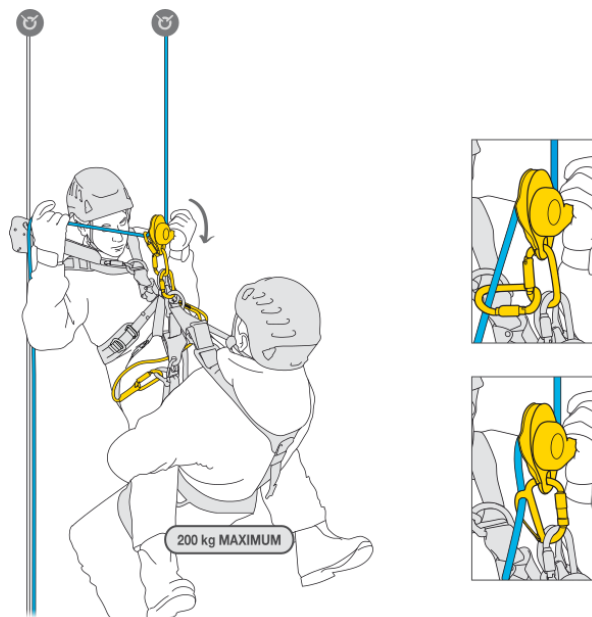


Рисунок 1 – Спуск рятувальника до постраждалого по страхувальній мотузці постраждалого

Після досягнення постраждалого рятувальник використовує ус самостраховки для додаткового страхування постраждалого. Після організації резервного страхування можливе зняття страхувального пристрою постраждалого. Далі передня точка прив'язі постраждалого з'єднується зі спусковим пристроєм рятувальника за допомогою короткого вуса або карабіна (рис. 2 б).

Для перенесення навантаження рятувальник використовує спусковий пристрій постраждалого, поступово передаючи вагу на власну рятувальну мотузку. Після повного прийняття навантаження спусковий пристрій постраждалого знімається з системи (рис. 2 в).

Завершальним етапом є контрольований спуск рятувальника разом із постраждалим із використанням власного спускового пристрою. Для підвищення керованості спуску та зменшення навантаження на спусковий пристрій додатково застосовується допоміжний карабін для створення додаткового тертя (рис. 2 г). Такий підхід забезпечує стабільність системи та дозволяє безпечно виконати евакуацію двох осіб одним рятувальником.

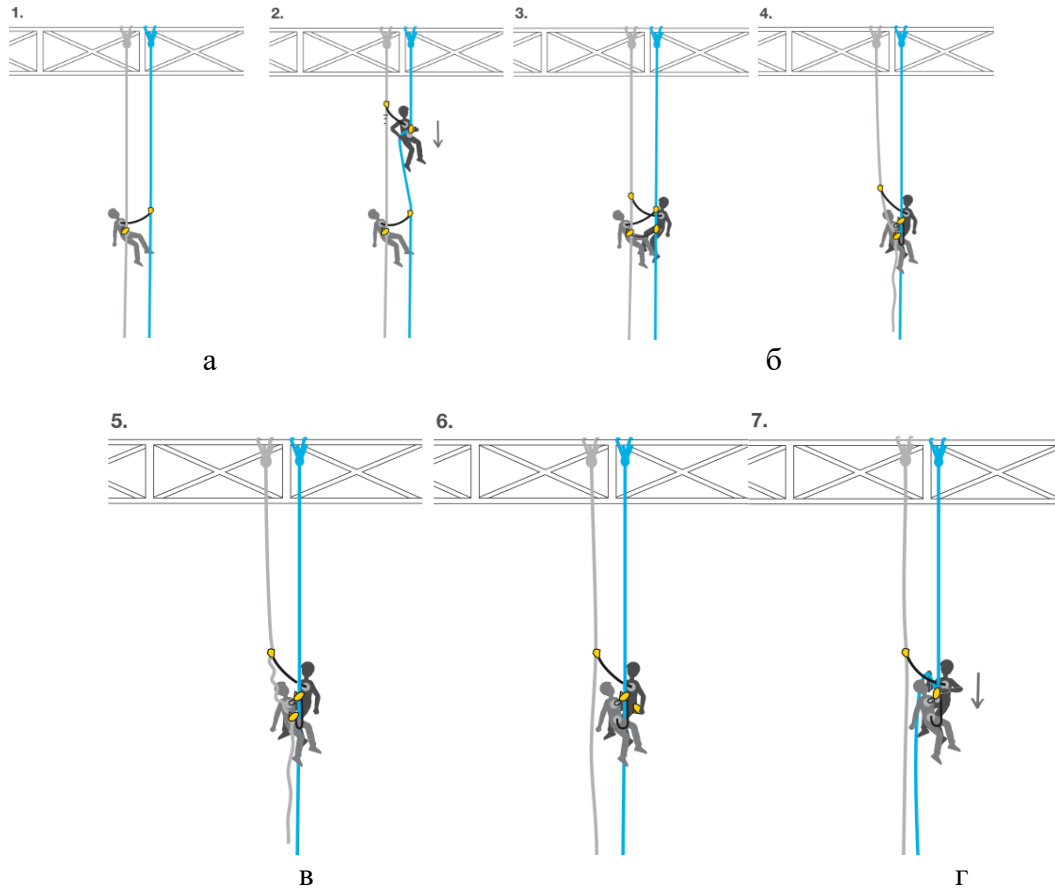


Рисунок 2 – Етапи евакуації постраждалого, завислого на спусковому пристрої:

- а – організація доступу до постраждалого без додаткових анкерних точок;
- б – страхування постраждалого та з'єднання з рятувальною системою;
- в – перенесення ваги постраждалого на мотузку рятувальника та зняття його спускового пристрою;
- г – контрольований спуск постраждалого та рятувальника з використанням додаткового тертя

Розглянутий алгоритм дозволяє здійснити швидку та ефективну евакуацію постраждалого в умовах обмеженого часу та ресурсів і може бути рекомендований для застосування підрозділами, що виконують аварійно-рятувальні роботи на висоті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Petzl. Release and rescue – evacuation scenarios using rope access techniques. URL: <https://www.petzl.com/INT/en/Professional/Release-and-rescue-of-a-co-worker-suspended-on-a-long-rope-?ActivityName=On-site-rescue>

РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В СФЕРІ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ

Мота А. Ф., д.ю.н, професор

*Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького*

Охорона державного кордону України залишається пріоритетною сферою публічного адміністрування. Екстраординарний режим такої діяльності зберігається протягом тривалого часу. Кризові ситуації в прикордонному менеджменті виникають із сталою періодичністю, мають комплексне (гібридне) походження, що поєднує елементи воєнного, інформаційного та/або міграційного впливу.

Агресія Росії проти України, що взяла свій початок у лютому 2014 року спричинила надзвичайний режим охорони державного кордону. Чинне законодавство про надзвичайний стан містить умови для введення відповідного правового режиму, зокрема пов'язані із необхідністю забезпечення прикордонної безпеки – в разі масового переходу державного кордону з території суміжних держав [1]. Практика реалізації означених законодавчих положень виявилася неоднозначною та суперечливою.

Відповідно до ч. 1 ст. 4 Закону України «Про правовий режим надзвичайного стану» 2000 р. надзвичайний стан вводиться лише за наявності реальної загрози безпеці громадян або конституційному ладові, усунення якої іншими способами є неможливим [1]. Загроза (threat) – це явища, дії або бездіяльність, які містять потенціал небезпеки або є причиною небажаного інциденту, що може завдати шкоди державі, суспільству, системі, організації, фізичним особам, активам, довкіллю, громаді [2, с. 21]. Заходить мова про потенційність та ймовірність загроз, що зрештою співвідноситься із безпековим законодавством. Так, в якості загроз національній безпеці України розглядаються явища, тенденції і чинники, що або унеможливають чи ускладнюють, або можуть унеможливити чи ускладнити реалізацію національних інтересів та збереження національних цінностей України [3].

Тому реагування на надзвичайні ситуації в сфері охорони державного кордону відбувалося неоднаково, що очевидно було зумовлено можливими прогнозами розвитку подій. У листопаді 2021 року на кордоні з Республікою Білорусь розпочалася спільна спеціальна прикордонна операція «Полісся», передумовою якої стала міграційна криза на білорусько-польському кордоні [4]. З метою не допустити перетинання нелегальними мігрантами державного кордону та потрапляння їх в Україну рішенням уряду додатково врегламентовано координацію діяльності центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, військових формувань, утворених відповідно до законів України, правоохоронних органів та громадських об'єднань під час забезпечення посилення охорони та захисту державного кордону [5].

Натомість, напередодні широкомасштабного російського вторгнення, зокрема з метою забезпечення захисту та охорони державного кордону, було введено надзвичайний стан в окремих регіонах України. Такому рішенню передувало визнання російським керівництвом незалежності самопроголошених «ЛНР» і «ДНР» як продовження політики Російської Федерації щодо ескалації збройної агресії проти України, нав'язування сепаратизму, провокування міжнаціональних і міжконфесійних конфліктів, масових безпорядків, що загрожує безпеці, життю і здоров'ю громадян, державному суверенітету, конституційному ладу та територіальній цілісності України [6].

Отже, простежується, принаймні, подвійний прояв реагування на надзвичайні ситуації в сфері охорони державного кордону: посилення охорони (захисту) державного

кордону та введення надзвичайного стану. Слід відмежовувати комплекс надзвичайних заходів у межах такого реагування, що передбачені для здійснення в умовах переважно мирного часу від умов правового режиму воєнного стану, необхідних для відвернення загрози, відсічі збройної агресії та забезпечення національної безпеки, усунення загрози небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності [7]. В перспективі необхідно впорядкувати застосування надзвичайних заходів на різних ділянках державного кордону з урахуванням воєнно-політичної ситуації, повноважень правоохоронних органів та військових формувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про правовий режим надзвичайного стану : Закон України від 16 берез. 2000 р. № 1550-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-14#Text> (дата звернення: 01.03.2026).
2. Термінологічний словник-довідник у сфері національної стійкості [Упорядники: О. О. Резнікова, К. Є. Войтовський]. Київ : НІСД, 2024. 80 с. DOI: 10.53679/NISS-book.2024.01.
3. Про національну безпеку України: Закон України від 21 черв. 2018 р. № 2469-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> (дата звернення: 01.03.2026).
4. МВС зміцнює північні рубежі України. Хроніки спеціальної прикордонної операції «Полісся». URL: <https://mvs.gov.ua/press-center/news/operaciya-polissya-xronologiya> (дата звернення: 01.03.2026).
5. Деякі питання взаємодії і координації під час посилення охорони та захисту державного кордону України: постанова Кабінету Міністрів України від 19 листоп. 2021 р. № 1214. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1214-2021-%D0%BF#Text> (дата звернення: 01.03.2026).
6. Про введення надзвичайного стану в окремих регіонах України : Указ Президента України від 23 лют. 2022 р. № 63/2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/63/2022#Text> (дата звернення: 01.03.2026).
7. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12 трав. 2015 р. № 389-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text> (дата звернення: 01.03.2026).

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ ЯК АКТИВНОГО АГЕНТА В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Неклонський І. М., к.військ.н.

Національний університет цивільного захисту України

Одним із важливих факторів, який впливає на ефективність процесу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС), є функціонування системи оперативного управління. Тому дослідження відповідної системи є актуальним питанням. Для дослідження організаційної структури системи управління процесом ліквідації наслідків НС пропонується використати структурно-функціональну [1] та мультигентну [2] концепції. Система управління представляється у вигляді множини взаємопов'язаних і взаємодіючих агентів (активних елементів), що мають свої локальні цілі та ресурси, які узгоджені із загальною метою системи та наявними ресурсами.

Одним із найважливіших елементів у цій структурі є функціональний підрозділ (ФП), який реалізує певну технологію аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт (АРІНР), як активний агент системи. При чому, ФП може розглядатись і як самоврядний агент. Тобто він може самостійно формувати, виконувати та контролювати свої дії щодо реалізації ресурсів (R_i), спрямованих на виконання запланованого обсягу робіт. Тоді процес ліквідації наслідків НС, як об'єкт управління, трансформується на певний обсяг робіт (V_i), після виконання якого буде виконане поставлене завдання. Сам ФП, як автономний самоврядний агент, може бути системою управління, що складається з таких елементів, як плануючий (ПЕ), прямого управління (ЕПУ), керуючий (КЕ), виконуючий (ВЕ), аналізу та інформування (ЕАІ).

Структура управління процесом виконання АРІНР у ФП буде будуватись за комбінованим принципом: поєднання прямого управління із замкнутим управлінням за принципом зворотного зв'язку. В якості елементів-агентів тут можуть виступати як окремі особи, так і група людей, оснащених відповідними технічними засобами. В такому випадку діяльність ВЕ можна описати наступним диференціальним рівнянням:

$$T_{0i} \cdot \frac{d^2 V_i(t)}{dt^2} + \frac{dV_i(t)}{dt} = k_{0i} \cdot \left[T_i \cdot \frac{\dot{R}_i \cdot (t - \tau_i)}{dt} + R_i \cdot (t - \tau_i) \right] + f(t), \quad (1)$$

де T_{0i} – постійна часу, що відображає інерційність переходу від одного темпу виконання робіт до іншого; T_i – постійна часу, що відображає такі характеристики діяльності ВЕ як рівень професіоналізму рятувальників, використання сучасних технологій та високопродуктивного обладнання, рівень організації робіт; τ_i – чисте запізнення в часі, пов'язане з тимчасовими витратами на аналіз ситуації, характеру та ефективності виконуваних робіт, на передислокацію людей і техніки; k_{0i} – коефіцієнт, що відображає вплив темпів витрати ресурсів на виконання робіт; $f(t)$ – вплив на об'єкт управління різних факторів, що заважають виконанню робіт (складні природні умови, нестача ресурсів, вихід з ладу техніки, травми людей і т. д.) і сприяють зниженню темпу виконання робіт.

Застосовуючи перетворення Лапласа при нульових початкових умовах, отримаємо передавальну функцію у вигляді [3, 4]:

$$W_{0i}(s) = \frac{k_{0i} \cdot (T_i s + 1)}{s \cdot (T_0 s + 1)} \cdot e^{-\tau_i s}. \quad (2)$$

Якщо до процесу ліквідації наслідків НС залучено декілька ФП, то систему управління необхідно розглядати як взаємодію органу управління (ОУ) з відповідними ФП. Тоді процес організації АРІНР необхідно розглядати з позиції організаційного об'єкта управління, для переведення якого з поточного у стан ефективної роботи потрібно здійснення низки організаційних заходів направлених на виконання деякого обсягу робіт із необхідним темпом. А концепція взаємодії ОУ із ФП зводиться до наступного:

– ОУ управляє ФП як активними агентами шляхом планування та розподілу ресурсів та темпів їх поставок між ними за їх запитами;

– ОУ забезпечує доставку ресурсів та визначає робочу зону для діяльності ФП;

– ФП реалізують видані ресурси на виконання запланованого обсягу робіт з максимальною ефективністю, складають звіт (дають інформацію) про витрачені ресурси та роблять новий запит. При цьому, кожний ФП самостійно визначає для себе запити ОУ на планові темпи витрати ресурсів залежно від: потрібних темпів АРІНР; темпів зростання загроз від дії небезпечних факторів НС; наявного обсягу ресурсів.

Якщо вважати, що кожний ФП використовує цілком певні типи ресурсів: людські, матеріальні, технічні, технологічні, паливно-енергетичні, інформаційні тощо. То, з тієї чи іншої причини може виявитися, що витрата окремих ресурсів на АРІНР буде перевищувати заплановані, тобто ресурси витрачались неефективно. Для ОУ важливо прогнозувати цю ситуацію і будь-коли точно знати, як витрачає ресурси кожний ФП. А управляти відповідною ситуацією можна шляхом моделювання оперативної підтримки темпів виконання робіт. Це може бути здійснено з використанням методу динамічного програмування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vytvytska, O. D., Martynyuk, O. A., Shpak, N. O., Karcheva, G. T., Medynsky, I. P., Nodzhak, L. S. (2020). Structural-functional modeling for the determination of the company's equilibrium conditions in the dynamic business environment. *Mathematical modeling and computing*. 7. 1. 104–111. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mmc_2020_7_1_13
2. Abbas, H. A., Shaheen, S. I., Amin, M. H. (2015). Organization of Multi-Agent Systems: An Overview. *International Journal of Intelligent Information Systems*. 4(3). 46–57. DOI: 10.11648/j.ijis.20150403.11.
3. Jalili, N., Candelino, N. W. (2023). System Transfer Function Analysis. In *Dynamic Systems and Control Engineering*. Cambridge: Cambridge University Press. 312–374. DOI: 10.1017/9781108923156.007.
4. Gribkova, N., Zitikis, R. (2019). Assessing Transfer Functions in Control Systems. *Journal of Statistical Theory and Practice*. 13. 35. DOI: 10.1007/s42519-018-0035-2.

ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТА ЧИСЕЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК

*Нсутов С. П., к.т.н., доцент,
Сур'янінов М. Г., д.т.н., професор,
Сур'янінов В. М., PhD*

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Однією із нових проблем бетону являються тріщини. Щоб уникнути цього недоліку застосовують різні способи. Одним із ефективніших є дисперсне армування, зокрема, сталеву фібру. Багатьма дослідженнями доведено, що сталеві фібробетон, у порівнянні зі звичайним бетоном, має не тільки підвищену міцність, але й тріщиностійкість; і зменшується кількість тріщин та ширина їх розкриваємості.

Для проведення випробувань циліндричних оболонок виготовлений стенд. Виготовлено 4 моделі циліндричної оболонки із залізобетону та 4 моделі із фібробетону. Всі зразки мали постійну довжину та радіус поперечного перерізу, а варіювалися товщина оболонки та розміри поперечного перерізу бортових елементів. Розподілене вертикальне навантаження було прикладене по чотирьох смугах, шириною 13 см кожна, і лише тілом оболонки, тобто бортові елементи не навантажені. Оболонка шарнірно спирається з кутів на пластини 100x100мм. З метою отримання повної картини деформації поверхні оболонки у кожному з трьох зон, розташованих між ланцюгами навантаження, закріплені по чотири індикатори годинного типу з ціною поділу 0,01мм. Три індикатори (перший, п'ятий та дев'ятий) закріплені на бортовому елементі оболонки. Кожен четвертий з дванадцяти закріплений на гребені оболонки. Два середні індикатори з кожної четвірки (2 і 3; 6 і 7; 10 і 11) розташовані на рівнях 1/3 і 2/3 стріли підйому оболонки відповідно.

Крім індикаторів, на оболонку наклеєні тензометричні датчики, за допомогою яких відстежувалися деформації на верхній та нижній поверхнях. Процес навантаження закінчувався тоді, коли оболонка втрачала здатність чинити опір зовнішньому навантаженню. Величина навантаження, що відповідає цьому моменту, бралася за несучу здатність оболонки. Для усіх восьми випробуваних оболонок наведено несучу здатність та навантаження на початку тріщиноутворення. За показаннями вимірювальних приладів побудовано графіки зміни деформацій та прогинів під дією зростаючого навантаження. Виконано чисельні дослідження несучої здатності довгих циліндричних оболонок. Для комп'ютерного моделювання оболонок та визначення їх напружено-деформованого стану використано програмний комплекс Autodesk Robot Structural Analysis. Визначені напруження, прогини та погонні внутрішні зусилля в оболонках.

Виходячи з показань приладів, при проведенні експериментальних досліджень було встановлено, що максимальні напруження та прогини у всіх випробуваних оболонках спостерігаються в зоні розташування тензодатчика 21. Такі ж результати отримані при скінченно-елементному аналізі в програмі Robot Structural Analysis (табл. 1).

В табл. 2 наведено порівняння результатів експериментальних досліджень з результатами скінченно-елементного аналізу. З цього порівняння випливає, що максимальна розбіжність у прогинах складає 7,4 %, в той час, як максимальна розбіжність у величинах напружень складає 13,8 %. Можна також побачити, що додаткове дисперсне армування практично не впливає на прогини оболонки.

Таблиця 1 – Прогини, отримані в програмі Robot Structural Analysis

Зразок	Точки, відповідні розташуванню тензодатчиків											
	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	34
RC1	-4.87	-4.84	-4.79	-4.79	-7.59	-7.48	-7.30	-7.30	-4.87	-4.84	-4.79	-4.79
RC2	-4.63	-4.60	-4.57	-4.57	-7.24	-7.16	-6.99	-6.88	-4.63	-4.60	-4.57	-4.57
RC3	-4.03	-4.01	-3.98	-3.96	-6.34	-6.27	-6.14	6.06	-4.03	-4.01	-3.98	-3.96
RC4	-3.98	-3.97	-3.94	-3.92	-6.28	-6.21	-6.11	-6.02	-3.98	-3.97	-3.94	-3.92
FRC1	-5.66	-5.62	-5.56	-5.56	-8.82	-8.69	-8.47	-8.30	-5.66	-5.62	-5.56	-5.56
FRC2	-5.96	-5.91	-5.85	-5.83	-9.30	-9.18	-8.98	-8.83	-5.96	-5.91	-5.85	-5.83
FRC3	-6.05	-6.03	-5.98	-5.96	-9.50	-9.39	-9.21	-9.07	-6.05	-6.03	-5.98	-5.96
FRC4	-6.06	-6.03	-5.99	-5.99	-9.51	-9.41	-9.26	-9.26	-6.06	-6.03	-5.99	-5.99

Таблиця 2 – Порівняння результатів

Зразок	Напруження, МПа			Прогини, мм		
	Експе-римент	МСЕ	Розбіж-ність, %	Експе-римент	МСЕ	Розбіж-ність, %
RC1	31,19	30,85	10,9	-7.16	-7.59	5,7
RC2	31,28	30,94	10,9	-6.74	-7.24	6,9
RC3	30,96	30,55	13,2	-6.04	-6.34	4,7
RC4	31,05	30,62	13,8	-6.00	-6.28	4,5
FRC1	32,18	31,85	10,2	-8.24	-8.82	6,6
FRC2	31,92	31,48	13,8	-8.81	-9.30	5,3
FRC3	32,28	31,84	13,6	-8.82	-9.50	7,2
FRC4	31,96	31,52	13,8	-8.81	-9.51	7,4

Висновки:

1. Наведено результати експериментального дослідження процесу утворення (зародження) та розвитку тріщин на всіх етапах навантаження для восьми зразків-оболонки.

2. Здійснено фотофіксацію тріщиноутворення та на її основі — схематичне зображення тріщин у кожній з восьми оболонок.

3. У процесі випробувань фіксувалася поява тріщин, кількість та характер їхнього розкриття. початкова та кінцева ширина розкриття тріщин.

4. Виходячи з показань приладів, при проведенні експериментальних досліджень встановлено, що максимальні напруження та прогини у всіх випробуваних оболонках спостерігаються в зоні розташування тензодатчика 21. Такі ж результати отримані при скінченно-елементному аналізі в програмі Robot Structural Analysis.

5. Наведене порівняння результатів експериментальних досліджень з результатами скінченно-елементного аналізу. З порівняння випливає, що максимальна розбіжність у прогинах складає 7,4 %, в той час, як максимальна розбіжність у величинах напружень складає 13,8 %.

6. Встановлено, що додаткове дисперсне армування практично не впливає на прогини оболонки.

7. До моменту втрати несучої здатності у всіх оболонках утворилися тріщини з однаковою початковою шириною розкриття 0,05 мм. Кінцева ширина розкриття тріщин, як і несуча здатність, дещо зростала за умови зростання товщини оболонки. Навантаження початку тріщиноутворення виявилось найбільшим для двох середніх значень товщини оболонки – 50 та 55 мм. Загальна картина тріщиноутворення всіх зразків майже однакова.

ЖИТЕПАТҮПА

1. Ren-bo, S., Dai-yu, W. Ding-qi, Z. (1990). Calculation for cylindrical shell under local vertical loadings. *Appl Math Mech.* 11. 191–200. DOI: 10.1007/BF02014544.
2. Barbhuiya, G. H., Hasan, S. D., Al-Rashid, M. H. (2021). Analysis and Design of Reinforced Concrete Thin Cylindrical Shell. *Journal of Physics: Conference Series.* 2070. 1. 012162.
3. Shen, L., Kyun, D., Kim, Q. Q., Liang, Q. Q. (2022). Fibre-Based modelling for predicting the progressive collapse of cylindrical shells under combined axial compression and bending moment, *Engineering Structures.* 272. 114988. ISSN 0141–0296. DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114988.
4. Zaki, A., Yadi, S., Khoirullianum, E., Suganda, R., Wibisono, C. A. (2024). Effect of partial replacement of aggregate with oil palm shell on compressive and flexural strength of fiber concrete. *Multidisciplinary Science Journal.* 6(7). 2024102. DOI: 10.31893/multiscience.2024102.

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ ДЛЯ ВИСОТНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Осадчук М. В.,

Стилик І. Г.

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Безпекові виклики сьогодення зумовлюють суттєве зростання кількості пожеж техногенного та воєнного характеру, що виникають унаслідок ракетних і артилерійських ударів, застосування безпілотних літальних апаратів, ураження об'єктів критичної інфраструктури. Таким чином, значна частина осередків займання розташовується в зонах підвищеної небезпеки на висоті або територіях з обмеженим доступом для підрозділів пожежно-рятувальних служб. Це обумовлює необхідність пошуку нових технологічних рішень, спрямованих на підвищення безпеки особового складу та ефективності гасіння пожеж.

Постає актуальна проблема з вирішення двох основних задач – покращення ефективності гасіння пожеж та забезпечити безпеку особового складу. З огляду на велику небезпеку, ліквідація таких пожеж вимагає високої оперативності та застосування засобів, здатних більш ефективно боротися з горінням небезпечних речовин та матеріалів. Традиційні методи пожежогасіння часто виявляються недостатньо ефективними або вимагають надмірних обсягів вогнегасних речовин, що обумовлює гостру науково-практичну актуальність впровадження інноваційних технологій, зокрема застосування компресійної піни з покращеними характеристиками.

Компресійна піна є перспективним засобом пожежогасіння, який формується шляхом змішування водного розчину піноутворювача зі стисненим повітрям. Завдяки такій технології утворюється пінна структура з контрольованою кратністю та підвищеною стабільністю [1]. Дослідження показують, що компресійна піна може забезпечувати більш ефективне гасіння пожеж класу А порівняно з водою або традиційними пінами [2]. Крім того, використання компресійної піни дозволяє значно зменшити витрату вогнегасних речовин та підвищити ефективність охолодження горючих матеріалів [3].

У порівнянні з традиційними водними розчинами та повітряно-механічною піною, компресійна піна забезпечити:

- підвищену ефективність охолодження;
- тривале утримання на поверхні горючих матеріалів;
- зменшення втрат вогнегасних речовин внаслідок випаровування або розпилення повітряними потоками;
- можливість формування ізолюючих і протипожежних бар'єрів.

Для подавання вогнегасних речовин на значну висоту одним із перспективних напрямів є застосування технологій дистанційного або висотного гасіння, що передбачають доставку вогнегасних речовин безпосередньо до зони горіння без необхідності розгортання сил та засобів оперативно-рятувальних служб цивільного захисту. До таких рішень можуть належати спеціалізовані висотні установки, роботизовані комплекси тощо. Застосування подібних систем дозволяє здійснювати оперативне реагування, мінімізувати ризики для особового складу, забезпечувати локалізоване або бар'єрне нанесення вогнегасних речовин у важкодоступних місцях, а також підвищувати ефективність гасіння пожеж у висотних будівлях. Актуальність таких рішень особливо зростає в умовах воєнного стану, коли пожежі можуть виникати на об'єктах підвищеної небезпеки, зокрема на складах боєприпасів, резервуарах з

нафтопродуктами, об'єктах енергетичної інфраструктури та у лісових масивах. У таких умовах застосування дистанційних систем подавання вогнегасних речовин.

Для генерації компресійної піни використовували піногенератор [4]. До переваг цього піногенератора слід віднести його велику продуктивність та нову технологію генерації компресійної піни в замкнутому просторі. Дана технологія передбачає формування компресійної піни в замкнутому об'ємі в наступній послідовності таких основних стадій:

- генерування піни;
- подрібнення піни в замкнутому просторі.

Диспергування пінної структури здійснюється завдяки застосуванню технології - ефекту поверхневого шару, що дозволяє за рахунок подрібнення генерувати компресійну піну до однорідної рівнодисперсної структури та підтримувати стійкість по всьому об'єму, що є головною перевагою над сучасними зразками. Схему установки наведено на рисунку 1.

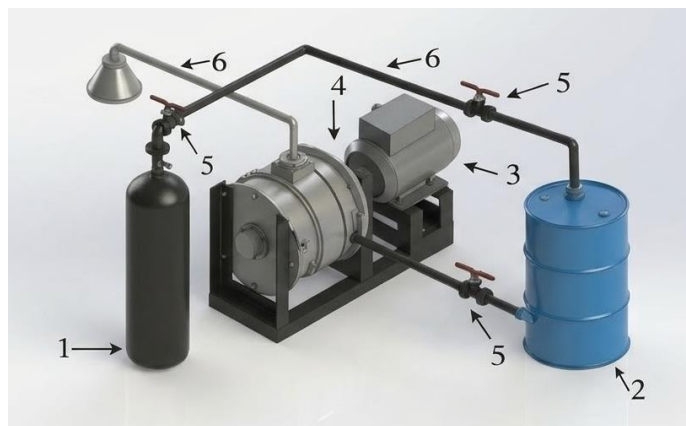


Рисунок 1 – Схема установки для одержання компресійної піни:

- 1 – балон зі стисненим повітрям, або компресор; 2 – ємність з піноутворювачем;
 3 – електродвигун; 4 – піногенератор; 5 – вентилі для регулювання витрати піноутворювача; 6 – трубопроводи для подачі розчину піноутворювача та стиснутого повітря.

Установка забезпечує генерування компресійної піни із кратністю 8, стійкістю 826 с, густиною 125 кг/м^3 при витраті утвореної піни 3 л/с.

Запропонована технологія має досить широкий спектр практичного застосування та може бути використана в автоматизованих та стаціонарних системах пожежогасіння, інтегрованих у технологічні комплекси та об'єкти, а також в стаціонарних, мобільних і модульних установках для цілей висотного пожежогасіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shakhov, S., Vinogradov, S. (2020). Fire extinguishing efficiency of compressed air foam, water and gel forming agents in a standard class A test fire. *Safety & Fire Technology*. 55(1). 154–160. DOI: 10.12845/sft.55.1.2020.10.
2. Weinschenk, C. G., Madrzykowski, D. M., Stakes, K., Willi, J. M. (2017). Examination of compressed air foam (CAF) for interior fire fighting. National Institute of Standards and Technology (NIST).
3. Madrzykowski, D. (1988). Study of the ignition inhibiting properties of compressed air foam. National Institute of Standards and Technology (NIST).
4. Осадчук М. В. Про способи одержання та перспективи використання компресійної піни. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. № 2(20). 2025. С. 31–39. DOI: 10.33269/nvcz.2025.2.31-39.

РОБОТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОГО РИЗИКУ: ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ ТА МОЖЛИВОСТЕЙ

Остапенко А. О.,

Пустовіт М. О.

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні надзвичайні ситуації, такі як масштабні лісові пожежі, техногенні аварії на хімічних об'єктах чи пожежі в тунелях, характеризуються екстремальними умовами, що перевищують гранично допустимі рівні для людини. Високі температури, токсичний дим, небезпека вибухів та обвалів конструкцій створюють пряму загрозу життю рятувальників. У таких умовах традиційні методи гасіння стають неефективними або неможливими, що зумовлює нагальну потребу впровадження роботизованих комплексів. Використання роботів дозволяє не лише підвищити ефективність гасіння, але й кардинально знизити ризику для особового складу, виводячи його із небезпечної зони.

Безпілотні наземні роботизовані комплекси (далі – БпНРК) пожежогасіння можна класифікувати за їхнім функціональним призначенням. Існують спеціалізовані машини безпосередньо для гасіння, оснащені потужними лафетними стволами та вентиляторами, а також універсальні логістичні платформи, призначені для підтримки основних операцій. Головне завдання цих комплексів – виконання оперативної роботи в умовах, де перебування людини неможливе або смертельно небезпечно. Вони здатні прокладати рукавні лінії, подавати вогнегасні речовини, проводити розвідку, евакуювати постраждалих та доставляти важке обладнання у важкодоступні місця [1].

Світовий ринок пожежної робототехніки представлений низкою високотехнологічних зразків, кожен з яких має свої конструктивні особливості та тактичну нішу. Для порівняння можливостей сучасних БпНРК доцільно обрати засоби, що так чи інакше зарекомендували себе на світовому ринку та в Україні: австрійський LUF 60, німецький Magirus Wolf R1 та французький Shark Robotics Colossus. Їх технічні характеристики наведено в таблиці 1 [2, 3, 4].

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз технічних характеристик пожежних БпНРК

Характеристика	LUF 60 [2]	Magirus Wolf R1 [3]	Shark Robotics Colossus [4]
Тип	Багатофункціональний, пожежний	Багатофункціональний, пожежний	Багатофункціональний, пожежний
Маса	2200 кг	до 900 кг	450-500 кг
Габарити ДхШхВ	2530х1300х1580 мм	1500х1200х1300 мм	1500х900х1100 мм
Тип рушія	Гусеничний	Гусеничний	Гусеничний
Двигун	Дизельний, 105 кВт (140 к.с.)	Електричний, 2х7,5 кВт, 1050 Нм	Електричний, 2х4 кВт,
Швидкість руху	До 5 км/год	До 6–10 км/год	До 3,5 км/год
Подолання підйому	до 30°	до 30°	до 40°
Основне обладнання	Лафетний ствол, турбовентиляторна установка (до 90 000 м³/год/800 л/хв), двоступеневий насос, лебідка, відвал	Лафетний ствол, лебідка (2,4 т), тягово-зчпний пристрій	Лафетний ствол, відвал, відео-турель, ретранслятор
Продуктивність лафетного ствола	До 2400 л/хв	До 2500 л/хв	До 3000 л/хв

Дальність подачі води	до 80 м суцільним та 60 м з турбовент.	до 65–70 м	до 60 м
Дистанційне керування	до 300 м (радіоканал),	до 250 м (радіоканал), до 2500 м (VCU)	до 300 м (радіоканал), до 1000 м з mesh-ретранслятором

Проведений аналіз тактико-технічних характеристик дозволяє зробити висновок про чітке розмежування функціональних обов'язків між розглянутими моделями. LUF 60 є спеціалізованим високопродуктивним БпНРК, орієнтованим на виконання важливих завдань – інтенсивної подачі вогнегасних речовин та димовидалення. Його дизельний двигун забезпечує високу автономність та продуктивність, але обмежує застосування у вибухонебезпечних середовищах через вихлоп [2].

На противагу, Magirus Wolf R1 та Shark Robotics Colossus мають електричні силові установки, що дозволяє застосовувати їх навіть у вибухонебезпечних середовищах. Вони поєднують функції БпНРК з потужним лафетним стволом та широкими логістичними можливостями: здійснення евакуація постраждалих, буксирування вантажів, доставкою обладнання тощо [3, 4].

Висновки. Таким чином, роботизація пожежогасіння розвивається за двома основними векторами: створення БпНРК для швидкого полум'єподавлення та універсальних платформ підтримки. Вибір же конкретної моделі залежить від тактичних завдань підрозділу: для гасіння масштабних пожеж на відкритих просторах, в тунелях та за умови забезпечення максимальної дальності прокладання рукавних ліній оптимальним є LUF 60, для роботи в умовах вибухонебезпечних середовищ – електричний Wolf R1 та Shark Robotics Colossus які непогано зарекомендували себе в Україні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аспекти формування парку безпілотних систем підтримки пожежогасіння для територіальних підрозділів ДСНС України. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій : матеріали XVI Міжнар. науково-практ. конф., м. Черкаси, 2 трав. 2025 р. С. 206–207.
2. LUF 60 – LUF GmbH. URL: <https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/fire-fighting-robot-luf-60/> (дата звернення: 11.03.2026).
3. Wolf R1 tactical response robot by Magirus. URL: <https://www.magirus-group.com/de/en/products/special-vehicles/wolf-r1/> (дата звернення: 11.03.2026).
4. Colossus firefighting robot - Shark Robotics. URL: <https://www.shark-robotics.com/colossus-firefighting-robot/> (дата звернення: 11.03.2026).

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДНИХ ВОГНЕГАСНИХ РОЗЧИНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНГІБІТОРІВ

Пархоменко В.-П. О., к.т.н., доцент,

Михалічко Б. М., д.хім.н., професор,

Лавренюк О. І., д.т.н., професор

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Розвиток технологічного прогресу людства супроводжуються розробленням нових технологій, які будуть корисні суспільству в плані практичного використання та у фінансовому аспекті. Це супроводжує модифікацією існуючих та створенням нових матеріалів, що мають певний рівень пожежної небезпеки. Це створює низку проблем для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, через те, що потрібно змінювати підходи, щодо навчання особового складу та діям при ліквідації пожеж сучасних матеріалів також необхідність удосконалення параметрів існуючих вогнегасних речовин.

Найбільш поширеними вогнегасними речовинами, що використовують працівники оперативно-рятувальної служби цивільного захисту є вода, водні розчини піноутворювачів та вогнегасні порошки. Кожна речовина з цих речовин має свої фізичні властивості, що ефективно використовується для гасіння пожеж різних класів. Найбільш поширене використання мають вода та водні розчини піноутворювачів та солей. Завдяки введенню до складу води певних хімічних речовин можна суттєво підвищити вогнегасні властивості води, зменшити випаровування та підвищити ефективність тепловідведення.

Незважаючи на значний прогрес у створенні водних вогнегасних розчинів, питання пошуку нових водних вогнегасних речовин (ВВР) залишається актуальним. Це зумовлено, насамперед, появою нових речовин та матеріалів, які характеризуються підвищеними температурами займання та самозаймання за умов дії на них полум'ям, а також характеристикам різних класів пожеж.

Таким чином, необхідність пошуку нових ВВР та підвищення їх ефективності є актуальною науковою та практичною проблемою. Розробка нових ВВР дозволить збільшити ефективність придушення полум'я, знизити витрати на ліквідацію пожеж та мінімізувати екологічні ризики, пов'язані з використанням вогнегасних засобів.

Останні дослідження свідчать про значну перспективність використання ВВР із інгібіторами для гасіння пожеж завдяки їхній здатності поєднувати охолодження, ізоляцію кисню та хімічне пригнічення горіння. Для підвищення ефективності цих ВВР додатково у їх склад можуть додавати в оптимальних концентраціях поверхнево-активні речовини, згущувачі, антифризи та інші компоненти, які завдяки своїм хімічним і фізичним параметрам будуть в комплексі з інгібітором та водою ефективно ліквідувати займання матеріалів та унеможлиблювати частково чи повністю їх повторне займання.

Провівши аналіз останніх досліджень, виділяють для підвищення ефективності ВВР відомі і поширені для використання інгібітори, а саме: хлорид калію (KCl), полігексаметиленгуанідин (ПГМГ), фосфати $((\text{NH}_4)_3\text{PO}_4)$ та сульфати амонію $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ і хлориду натрію (NaCl).

Недолік води, як вогнегасного засобу, пояснюється її фізико-хімічними властивостями, насамперед низькою в'язкістю, яка характеризується здатністю чинити опір перетіканню, мінімізувати свою площу поверхні, що забезпечується великим значенням поверхневого натягу, а також відзначається невеликою змочуваністю твердих поверхонь, що зумовлено малою адгезією «прилипанню» води до горючих поверхонь гасіння і, як наслідок, розтікання на них. Послаблення цих ефектів можна досягти через введення невеликих кількостей додаткових речовин, що підвищують ефективність ВВР.

Провівши аналітичним методом досліджень, що супроводжується обробкою інформації, стосовно ефективності використання в пожежогасінні водних вогнегасних розчинів з інгібіторами, можна виділити наступні перспективні розробки: композитний пригнічувач горіння на основі гідрокарбонату натрію (NaHCO_3) для гасіння вибухів вугільного пилу; хлориду калію (KCl) і гліцерину, в якості стабілізатора ВВР для гасіння низових лісових пожеж; Na_3PO_4 або NaHCO_3 для гасіння пожеж і запобігання повторного загоряння модулів літій-залізо-фосфатних (LiFePO_4) акумуляторів; наночастинки оксиду алюмінію (Al_2O_3) для гасіння пожеж газових сумішей; наночастинки SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 для гасіння пожеж класів А, В та F; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ яку використовують в авіаційних вогнегасних боєприпасах для гасіння низових і верхових лісових пожеж; амоній гідрогенфосфат ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) і амоній дигідрогенфосфат ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) для гасіння лісових пожеж; $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CHF}_2$ для гасіння пожеж класів А, В і D та електроустановок; гідрокарбонати (NaHCO_3 та KHCO_3) для гасіння пожеж класів А і В; NaCl , $\text{CH}_3\text{SO}_4\text{Na}$, KHCO_2 , $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ для гасіння пожеж за участі поліуретанової піни

ЛІТЕРАТУРА

1. Пархоменко В.-П. О., Михалічко Б. М., Пархоменко Р. В. Сучасний стан використання у пожежогасінні та способи підвищення ефективності водних вогнегасних розчинів за допомогою змочувачів. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2025. № 1 (19). С. 80–87. DOI: 10.33269/nvcz.2025.1(19).79-88.
2. Пархоменко В.-П. О., Михалічко Б. М., Лавренюк О. І., Пархоменко Р. В., Кравець І. П. Інноваційні розробки та сучасні методи підвищення ефективності водних вогнегасних розчинів за допомогою інгібіторів. Пожежна безпека : зб. наук. пр. Львів : ЛДУ БЖД, 2025. № 46. С. 97–105. DOI: 10.32447/20786662.46.2025.10.
3. Карвацька М. Я., Пастухов П. В., Петровський В. Л., Лавренюк О. І., Михалічко Б. М. Вогнегасні випробування концентрованого водного розчину ферум (III) сульфату. Пожежна безпека : зб. наук. праць, 2022. № 40. С. 55–60. DOI: 10.32447/20786662.40.2022.06.
4. Mykhalichko, V., Lavrenyuk, H., Mykhalichko, O. (2019). New water-based fire extinguishant: Elaboration, bench-scale tests, and flame extinguishment efficiency determination by cupric chloride aqueous solutions. *Fire Safety Journal*. 105. 188–195. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.03.005.
5. Карвацька М. Я., Лавренюк О. І., Михалічко Б. М. Сучасний стан і напрями вдосконалення водних вогнегасних речовин. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2023. № 1 (15) С. 92–100. DOI: 10.33269/nvcz.2023.1(15).92-100.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ РУКАВА ВИСОКОГО ТИСКУ ПРИ ВИПРОБУВАННІ ЗРАЗКІВ НА РОЗРИВ ПІСЛЯ ШТУЧНОГО СТАРІННЯ

Півторацький В. В.,

Назаренко С. Ю., к.т.н., доцент,

Коваленко Р. І., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Для комплектування пожежних транспортних засобів і мотопомп, а також для влаштування стаціонарних систем пожежогасіння значного поширення набули напівжорсткі напірні рукави відповідно до ДСТУ EN 1947:2021 [1] та ДСТУ EN 694:2019 [2]. Конструкція напівжорстких напірних рукавів базується на рукавах високого тиску (РВТ), які складаються з декількох гумових трубок, вставлених одна в одну, між якими обов'язково застосовується посилення у вигляді навивки або обплетення.

Дослідження процесів старіння РВТ є критично важливим для забезпечення їх надійності та безпеки протягом їхнього періоду експлуатації. При цьому старіння визначається як поступове погіршення фізико-механічних властивостей матеріалу, що призводить до зниження його експлуатаційних характеристик, під впливом навколишнього середовища. Зокрема, старіння РВТ буде залежати від поведінки гумових компонентів в їх складі. Основним механізмом деградації гумових компонентів є термоокислювальне старіння, яке відбувається внаслідок одночасної дії підвищеної температури та дифузії кисню в структуру гуми. На інтенсифікації цих процесів у лабораторних умовах базується методологія штучного прискореного старіння, яка дає можливість імітувати багаторічну експлуатацію матеріалів з гумовими компонентами у складі, як, зокрема і у РВТ, за короткий проміжок часу. Цей процес набуває особливої важливості в питанні дослідження зміни механічних властивостей матеріалу РВТ в процесі старіння, щоб за короткий проміжок часу, відмінний від хронологічно фактичного, мати можливість розробляти та впроваджувати необхідні правила зберігання, транспортування, застосування та випробування для збільшення терміну надійної та безпечної експлуатації.

Найбільш ефективним і науково обґрунтованим методом прискореного старіння матеріалів з гумовими компонентами у складі вважається статичне старіння в повітряних печах згідно з ISO 188:2023 [3]. На сьогоднішній день немає наукових робіт щодо штучного прискореного старіння РВТ, але, поряд з цим, існує ряд наукових досліджень щодо прискореного старіння автомобільних шин, що за своєю структурою та вмістом гумових компонентів можуть вважатися аналогічними до РВТ. Зокрема, в дослідженні старіння гуми в шинах [4] визначено, що оптимальний температурний діапазон для таких випробувань становить від 70 °С до 80 °С, враховуючи той факт, що на процес прискореного штучного старіння впливає не лише температура, а і процес окислення, швидкість якого зростає зі збільшенням температури до 70 °С, а потім швидко знижується вище 80 °С. В свою чергу, Ларін О.О., досліджуючи параметри пружності та статичної міцності гумової суміші, що входить до складу елементів пневматичних шин, після її штучного старіння, в науковій роботі [5] використав витримку зразків 3 та 6 діб у термокамері за температури 80 °С, що відповідає перебуванню цього матеріалу в нормальних умовах протягом 1 та 2 років. А в роботі щодо опору втомі гумо-кордних композитів при деформуванні в напрямку ортогональному армуванню до та після штучного старіння [5] Ларін О.О. зазначив, що використання термо-камери з фіксованим рівнем

температури 70 °С пришвидшує процеси старіння по характеристикам міцності у (30-40) разів, та за моделлю Арреніуса визначив, що витримка зразків у термокамері на фіксованій температурі 80 °С протягом 10 діб відповідає його природному старінню протягом 3-х років.

Для оцінки зміни механічних властивостей матеріалу рукава високого тиску після проведення процедури штучного прискороного старіння необхідно провести низку натурних експериментів, які дозволяють зафіксувати відповідні зміни. Такі експерименти направлені на дослідження опору матеріалу рукава механічним впливам. Оцінка механічних властивостей матеріалу рукава включає визначення міцності, пружності, стійкості до деформацій при циклах навантаження-розвантаження та зносостійкості. При цьому одним із ключових показників є розривне навантаження, яке можливо забезпечити при розриві відповідних зразків у поздовжньому напрямку з метою визначення показників міцності та пружності.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 1947:2021 Рукави пожежні. Рукави напірні напівжорсткі та рукави укомплектовані для пожежних транспортних засобів і мотопомп (EN 1947:2014, IDT). Чинний від 2022-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021.
2. ДСТУ EN 694:2019 Рукави пожежні. Напівжорсткі рукави для стаціонарних систем пожежогасіння (EN 694:2014, IDT). Чинний від 2020-01-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
3. International Standards Organization. ISO 188:2023. Rubber, vulcanized or thermoplastic – Accelerated ageing and heat resistance tests. 2023. 22 p.
4. Baldwin, J. M., Bauer, D. R., Ellwood, K. R. (2005). Accelerated Aging of Tires, Part II. Rubber Chemistry and Technology. 78. 2. 336–353.
5. Ларін О. О. Експериментальні дослідження параметрів пружності та статичної міцності гумової суміші, що входить до складу елементів пневматичних шин після її штучного старіння. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2015. № 3 (74). С. 21–26.
6. Ларін О. О. Експериментальна оцінка характеристик опору втомі гумо-кордних композитів при деформуванні в напрямку ортогональному армуванню до та після штучного старіння. Вісник НТУ «ХП». Серія : Динаміка і міцність машин. 2016. № 26 (1198). С. 63–68.

ДІЇ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВОЄННОГО ХАРАКТЕРУ

Пліско Ю. В.

Національний університет цивільного захисту України

Правила поведінки в умовах надзвичайної ситуації воєнного характеру.

Необхідно:

- зберігати особистий спокій, не реагувати на провокації;
- не сповіщати про свої майбутні дії (плани) малознайомих людей, а також знайомих з ненадійною репутацією;
- завжди мати при собі документ (паспорт), що засвідчує особу, відомості про групу крові свою та близьких родичів, можливі проблеми зі здоров'ям (алергію на медичні препарати тощо);
- знати місце розташування захисних споруд цивільної оборони поблизу місця проживання, роботи, у місцях частого відвідування (магазини, базар, дорога до роботи, медичні заклади тощо). Без необхідності намагатися якнайменше знаходитись поза місцем проживання, роботи та у малознайомих місцях;
- при виході із приміщень, пересуванні сходами багатопверхівок або до споруди цивільної оборони (сховища) дотримуватись правила правої руки (як при русі автомобільного транспорту) з метою уникнення тисняви. Пропускати вперед та надавати допомогу жінкам, дітям, літнім людям та інвалідам, що значно скоротить терміни зайняття укриття;
- уникати місць скупчення людей;
- не вступати у суперечки з незнайомими людьми, уникати можливих провокацій;
- у разі отримання будь-якої інформації від органів державної влади про можливу небезпеку або заходи щодо підвищення безпеки передати її іншим людям (за місцем проживання, роботи тощо);
- при появі озброєних людей, військової техніки, заворушень негайно покинути цей район;
- посилити увагу і за можливості також залишити цей район у разі появи засобів масової інформації сторони-агресора;
- про людей, які не орієнтуються на місцевості, розмовляють з акцентом, мають нехарактерну зовнішність, здійснюють протиправні і провокативні дії, здійснюють незрозумілу роботу, тощо – негайно поінформувати органи правопорядку, місцеву владу, військових;
- у разі потрапляння у район обстрілу – сховатись у найближчу захисну споруду цивільної оборони, сховище (укриття). У разі відсутності пристосованих сховищ для укриття використовувати нерівності рельєфу (канави, окопи, заглиблення від вибухів тощо). У разі раптового обстрілу та відсутності поблизу споруд цивільного захисту, сховища і укриття – необхідно лягти на землю головою в бік, протилежний вибухам. Голову слід прикрити руками (за наявності для прикриття голови використовувати валізу або інші речі). Не виходьте з укриття до кінця обстрілу;
- надавати першу допомогу іншим людям у разі їх поранення. Викликати швидку невідкладну допомогу, представників ДСНС, органів правопорядку, за необхідності – військових;
- у разі, якщо ви стали свідком поранення або смерті людей, протиправних до них дій (арешт, викрадення, побиття тощо), слід з'ясувати та зберегти якнайбільше інформації про них та обставини події для надання допомоги, пошуку, встановлення особи тощо.

Необхідно пам'ятати, що ви самі або близькі вам люди, також можуть опинитись у скрутному становищі і будуть потребувати допомоги.

Не рекомендується:

- підходити до вікон, якщо почуєте постріли;
- спостерігати за ходом бойових дій;
- стояти чи перебігати під обстрілом;
- конфліктувати з озброєними людьми;
- носити армійську форму або камуфльований одяг;
- демонструвати зброю або предмети, схожі на неї;
- підбирати покинуті зброю та боеприпаси.

При виявленні вибухонебезпечних предметів забороняється:

- перекладати, перекочувати з одного місця на інше;
- збирати і зберігати, нагрівати і ударяти;
- намагатися розряджати і розбирати;
- виготовляти різні предмети;
- використовувати заряди для розведення вогню і освітлення;
- приносити в приміщення, закопувати в землю, кидати в колодезь чи річку.

Виявивши вибухонебезпечні предмети, вживайте заходів з їх означення, огороження і охорони знайдених предметів на місці виявлення. негайно повідомте про це територіальні органи ДСНС та МВС за телефоном «101» та «102».

«Екстрена валіза».

Екстрена валіза, як правило, являє собою міцний і зручний рюкзак від 25 літрів і більше, що містить необхідний індивідуальний мінімум одягу, предметів гігієни, медикаментів, інструментів, засобів індивідуального захисту та продуктів харчування. Всі речі повинні бути новими (періодично поновлюваними) і не використовуватись у повсякденному житті. Екстрена валіза призначена для максимально швидкої евакуації із зони надзвичайної події – землетрусу, повені, пожежі, у разі загостреної криміногенної обстановки, епіцентру військових дій тощо. Вантаж у рюкзаку треба укладати рівномірно. Рекомендується мати рюкзак з «підвалом» (нижнім клапаном).

У рюкзак рекомендується покласти:

– копії важливих документів в поліетиленовій упаковці. Заздалегідь необхідно зробити копії всіх важливих документів – паспорта, автомобільних прав, документів на нерухомість, автомобіль тощо. Документи потрібно укладати так, щоб у разі необхідності їх можна було швидко дістати. У деяких джерелах рекомендують серед документів тримати кілька фотографій рідних і близьких.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013.

2. Про основні засади державної політики у сфері утвердження української національної та громадянської ідентичності : Закон України від 13.12.2022 № 2834-IX. Голос України. 2022.

ВІДНОВЛЕННЯ ПАРОТУРБІННОГО ОБЛАДНАННЯ ШЛЯХОМ НАПЛАВЛЕННЯ І ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

*Погрібний М. А.¹, к.т.н., професор,
Реброва О. М.¹, к.т.н., доцент,
Ребров О. Ю.¹, д.т.н., професор,
Васильченко О. В.², к.т.н., доцент,
Щегольова М. Г.¹, к.м.н., доцент*

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

²Національний університет цивільного захисту України,

³Харківський національний медичний університет

Вирішення задачі підвищення надійності і довговічності деталей машин і механізмів в сучасному енергомашинобудуванні пов'язано, перш за все, з подовженням термінів служби робочих лопаток потужних парових турбін, які експлуатуються в умовах інтенсивного ерозійного зношування. Не дивлячись на використання протягом багатьох років різноманітних методів протиерозійного захисту ресурс роботи таких лопаток – унікальних за конструкцією та високовартісних виробів – продовжує залишатися значно нижчим від проектного. Оскільки одночасна заміна великої кількості зношених лопаток на нові з виробничої точки зору є досить проблемною, а з економічної відчутно затратною, стає привабливою можливість подовження термінів експлуатації за рахунок відновлення лопаток з ерозійними пошкодженнями, при чому, не тільки лопаток, що повністю втратили працездатність, а й тих, які недоцільно використовувати в подальшому з точки зору безпеки та економічності експлуатації турбоагрегатів в цілому.

На основі результатів експериментальних досліджень моделюючих зразків і проведення робіт по реставрації натурних виробів встановлено, що технологічний процес відновлення лопаток з ерозійним зносом повинен включати наступні основні технологічні операції: аргоно-дугове наплавлення зношених кромки сталей, близькими за хімічним складом до основного матеріалу лопатки, термічну і механічну обробку після наплавлення, а також протиерозійну обробку наплавлених кромки лопаток.

Для реалізації оптимальної технології відновлення зношених лопаток обрано метод наплавлення, який є найбільш технологічним, економічним і, що найважливіше, такий, що забезпечує отримання високоякісного з'єднання матеріалів у процесі наплавлення. Стосовно до робочих лопаток парових турбін, наплавлення яких ускладнено незначною товщиною в перетині профілю і його гвинтоподібною конфігурацією, саме цей метод виявився найбільш ефективним, оскільки дозволяє виконувати якісне наплавлення тонкостінних виробів та характеризується відносною простотою техніки наплавлення. В якості матеріалів, якими здійснювалося наплавлення, обрані високолеговані сталі з 11–13 % хрому та 0,15–0,20 % вуглецю, які за хімічним складом та властивостями є спорідненими з основним металом лопаток. Тому основним матеріалом для наплавлення послуговувалася сталь 20Х13.

Проведений після наплавлення відпуск з нагрівом в печі ($t_{\text{нагр.}}=660\dots680\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{нагр.}}=2\text{ год.}$) дозволив отримати в досліджуваних наплавках рівень властивостей, який відповідає нормативам технічних умов стосовно матеріалів для лопаток турбін. Крім того, результати виконаних досліджень засвідчили, що найбільш високий комплекс механічних властивостей наплавки сталей, що містять 12 % хрому, може бути досягнутий за рахунок високотемпературного відпуску із швидкісним (швидкість більше $150\text{ }^{\circ}\text{C/сек}$) індукційним нагрівом, який забезпечує практично повне відновлення вхідних властивостей матеріалу наплавлених виробів. Таким чином, в залежності від конкретного рівня вимог до

експлуатаційних властивостей відновлених лопаток, після наплавлення в якості термічної обробки може бути використаний відпуск або з повільним пічним, або з швидкісним індукційним нагрівом.

Враховуючи накопичений досвід та результати попередніх досліджень, в якості основного методу захисту відновлених лопаток від ерозійного зношування був обраний метод поверхневого гартування з індукційним нагрівом струмами високої частоти (СВЧ). Доцільність та спроможності даного методу визначалися в процесі його порівняння з методом поверхневого електроіскрового легування твердим сплавом на основі карбідів вольфраму і титану марки Т15К6, який досить часто використовується для протиерозійного зміцнення нових лопаток.

Оцінка експлуатаційної надійності відновлених за розробленою технологією лопаток проводилася шляхом визначення комплексу показників, які характеризують їх конструкційну міцність. При цьому, виходячи з особливо важких умов роботи деталей лопаточного апарату турбін, які піддаються одночасному впливу статичних, динамічних і вібраційних навантажень, а також ерозійному зносу, визначали: короткочасні механічні властивості; втомну міцність (в умовах симетричного та асиметричного циклів навантаження); опір крихкому руйнуванню (за допомогою силових і температурних критеріїв механіки руйнування); рівень і характер розподілу залишкових напружень; ерозійну стійкість; конструктивну межу витривалості.

Порівняльні випробовування підготовлених у відповідності до розробленої технології моделюючих зразків і пакетів лопаток показали наступні основні результати:

- рівень короткочасних механічних властивостей лопаточної сталі 15X11МФ з наплавленням мало відрізняється від властивостей матеріалу нових лопаток і задовольняє нормативним вимогам;

- обробка за технологією відновлення забезпечує в лопатковому матеріалі необхідний температурний запас в'язкості (~ 20 °С за $T_{кр.2}$), достатньо високу втомну міцність (305–325 МПа в симетричному циклі та 285 МПа в асиметричному циклі навантаження) і сприятливий стан залишкових напружень;

- за ерозійною стійкістю відновлені лопатки приблизно в 6 разів вище стійкості лопаточної сталі без зміцнення, перевищує більше ніж в 2 рази стійкість сталі 15X11МФ з електроіскровим зміцненням сплавом Т15К6 і на 15–20 % вище опору ерозійному зносу нових лопаток з поверхневим загартуванням СВЧ;

- конструктивна межа витривалості лопаток після відновлення становить 150–160 МПа, що приблизно в 3 рази перевищує рівень фактичних вібраційних навантажень, визначених шляхом тензометрування натурних лопаток.

Аналіз результатів проведених досліджень дозволив підсумувати, що працездатність відновлених шляхом багатошарової наплавки і подальшої подвійної термічної обробки (відпуску та поверхневого загартування з нагрівом СВЧ) лопаток є достатньо високою і практично не поступається працездатності нових лопаток, виготовлених і зміцнених за прийнятою на теперішній час технологією.

Результати проведених досліджень підтверджені експлуатаційними випробуваннями партії відновлених лопаток на одному із енергоблоків діючою ТЕС, розроблена технологія рекомендована для промислового впровадження.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛІ РОЗВІДКИ B-SHAF ТА СУЧАСНИХ ТАКТИЧНИХ КОНЦЕПЦІЙ ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ ОБСТАНОВКИ

*Присяжний Р. І.,
Великий Я. Б., к.пед.н.,*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сучасні пожежі в огороженні характеризуються складними фізико-хімічними процесами, що супроводжуються інтенсивним тепловиділенням, швидким зростанням температури, густим задимленням та нестабільними режимами газообміну. Значне поширення синтетичних матеріалів у житлових і громадських будівлях сприяє формуванню великої кількості горючих газів, які накопичуються у верхніх шарах приміщень та створюють передумови для раптового розвитку небезпечних явищ – флеймоверу, флешоверу, бекдрафту. Додаткову складність становить сучасна конструктивна специфіка будівель: енергоефективні віконні системи, утеплені фасади, герметичні дверні блоки, складні внутрішні планування та наявність великої кількості прихованих порожнин. Це впливає на формування вентиляційно-керованих пожеж, при яких доступ кисню стає визначальним фактором інтенсивності горіння.

Особливого значення ці фактори набувають під час роботи ланок ГДЗС у непридатному для дихання середовищі. Обмежена видимість, високі температури, токсичність продуктів горіння та психологічне навантаження суттєво ускладнюють процес прийняття рішень. У зв'язку з цим актуальним є аналіз сучасних моделей розвідки ланками ГДЗС та їх адаптація до умов діяльності підрозділів ДСНС України [1].

Характеристика моделі B-SHAF

Модель B-SHAF базується на оцінці фізичних ознак розвитку пожежі:

- B (Building) – особливості конструкції будівлі;
- S (Smoke) – об'єм, колір, швидкість і напрям руху диму;
- H (Heat) – рівень теплового впливу;
- A (Air track) – рух повітряних потоків;
- F (Flame) – наявність та інтенсивність горіння.

Основною перевагою моделі є можливість прогнозування небезпечних явищ (flashover, backdraft) на підставі аналізу зовнішніх ознак [2].

Порівняння з моделлю RECEO-V

RECEO-V орієнтована на визначення тактичних пріоритетів (порятунк людей, захист суміжних об'єктів, локалізація, гасіння тощо).

На відміну від B-SHAF, вона:

- не передбачає глибокого аналізу динаміки розвитку пожежі;
- більше спрямована на організацію дій керівника гасіння пожежі;
- є зручною для стратегічного планування.

Таким чином, RECEO-V є управлінською моделлю, тоді як B-SHAF – аналітичною моделлю оцінки обстановки на пожежі.

Порівняння з моделлю SLICE-RS.

SLICE-RS сформована з урахуванням сучасних досліджень динаміки розвитку пожеж (NIST, UL). Вона передбачає визначення шляхів руху повітря (flow path), контроль тепловиділення та охолодження з безпечної позиції [3].

Порівняно з B-SHAF:

- має більш виражений алгоритм дій;
- поєднує оцінку обстановки та активний вплив на пожежу;
- краще адаптована до сучасної забудови.

Результати порівняльного аналізу :

– B-SHAF найбільш ефективна під час безпосередньої роботи ланки ГДЗС у задимлених приміщеннях.

– RECEO-V оптимальна для визначення тактичних пріоритетів на рівні керівництва.

– SLICE-RS поєднує переваги аналізу динаміки розвитку пожежі та тактичного управління.

Порівняльний аналіз сучасних тактичних моделей ведення оперативних дій засвідчує, що модель B-SHAF є найбільш доцільною для первинної оцінки оперативної обстановки безпосередньо під час роботи ланок ГДЗС у непридатному для дихання середовищі. Її практична цінність полягає у структурованому підході до аналізу ключових факторів небезпеки – задимлення приміщень, температурного режиму, наявності відкритого полум'я, вид вентиляції та характеристик приміщення.

Водночас результати аналізу демонструють, що ефективність B-SHAF суттєво підвищується при її інтеграції з більш широкими тактичними алгоритмами, зокрема RECEO-V та SLICE-RS. Модель RECEO-V забезпечує чітке визначення стратегічних пріоритетів гасіння пожежі – від рятування людей до остаточної ліквідації та вентиляції. Модель SLICE-RS, орієнтована на вибір оптимального способу гасіння пожежі, контроль вентиляційних шляхів та коригування тактики залежно від зміни оперативної обстановки.

У зв'язку з цим подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на розробку адаптованої інтегрованої моделі пожежної розвідки, яка б поєднувала переваги B-SHAF, RECEO-V та SLICE-RS з урахуванням чинних нормативних вимог, матеріально-технічного забезпечення підрозділів і реальних сценаріїв розвитку пожеж в огороженні. Така модель має передбачати алгоритм взаємодії між рівнями управління, критерії оцінки оперативної обстановки, а також систему підготовки особового складу, орієнтовану на розвиток аналітичного мислення в умовах високого стресового навантаження.

Отже, перспективним напрямом розвитку тактики пожежогасіння в Україні є не запозичення окремої моделі, а створення комплексної інтегрованої системи, що забезпечить підвищення безпеки ланок ГДЗС, зменшення тактичних помилок та зростання загальної ефективності оперативного реагування.

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 МВС України від 25.09.2023 року №780.

2. Шимон Кокот. Гасіння внутрішніх пожеж : посібник, переклад з пол.. Володимира Дубасюка. Львів: 2022. 319 с.

3. Medium. RECEO VS and SLICERS – Where Do They Fit?
URL: <https://medium.com/elitecommandtraining/receo-vs-and-slicers-where-do-they-fit-1f9e63e2b467>

СТВОРЕННЯ ВИПРОБУВАЛЬНОЇ БАЗИ З ПЕРЕВІРКИ ОКРЕМИХ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ПОЖЕЖНОЇ ТА СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Присяжнюк В. В., к.т.н., ст. дослідник,

Доценко О. Г., PhD,

Тимошенко О. М.

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Для забезпечення високої якості пожежно-рятувальної техніки світова практика передбачає суворе дотримання національних стандартів та використання сучасної випробувальної бази. Україна, інтегруючись у європейський простір, впроваджує серію стандартів [1, 2, 3], де [1] визначає класифікацію техніки, а [2] та [3] регламентують вимоги до її ключових технічних параметрів. Створення вітчизняної багатоцільової випробувальної інфраструктури потребує детального аналізу світового досвіду та розробки науково обґрунтованої концепції обладнання, що дозволить повноцінно реалізувати вимоги чинних нормативних актів.

Аналіз глобального ринку засобів цивільного захисту свідчить, що фундаментом надійності пожежно-рятувальної техніки є багаторівнева система випробувань. У країнах Європейського Союзу цей процес забезпечується мережею потужних акредитованих лабораторій, що спеціалізуються на вузькопрофільних та комплексних дослідженнях.

Зокрема, у Німеччині центри VdS Schadenverhütung та TÜV SÜD реалізують повний цикл випробувань: від окремих компонентів (насосних установок, запірної арматури) до інтегрованих систем пожежогасіння. Випробування проводяться на спеціалізованих полігонах за чітко детермінованими сценаріями, що гарантує репрезентативність та високу достовірність результатів.

Південно європейський кластер очолює іспанська лабораторія «Arplus+Laboratories», яка володіє унікальною інфраструктурою для натурних випробувань великогабаритної техніки. Аналогічний підхід демонструє французька організація CNPP, чия випробувальна база дозволяє здійснювати верифікацію техніки в умовах, максимально наближених до реальних.

Трансформація стандартів: досвід США на відміну від європейської моделі, що базується на стандартах серії EN 1846, США у 2024 році здійснили кардинальну реформу нормативної бази. Національний стандарт [4] об'єднав розрізнені вимоги в єдиний консолідований регламент. Реалізацію цих вимог забезпечують світові лідери сертифікації такі як UL «Solutions», FM «Approvals», UL «Fire Safety Research Institute» та «Intertek». Особливістю американської моделі є синергія між лабораторними дослідженнями та польовими випробуваннями: перевірка складних механізмів (підйомних пристроїв, електроніки) може проводитися безпосередньо на заводах-виробниках або в депо, що прискорює процес ітераційного вдосконалення техніки.

Виклики та стратегічні пріоритети для України незважаючи на спільну мету забезпечення якості існуючі світові бази різняться методологічними підходами та інструментарієм. Для України створення власної випробувальної інфраструктури є не лише питанням технічної відповідності, а й елементом національної безпеки.

З огляду на досвід 2022–2026 років, українська база має враховувати унікальний аспект: експлуатацію техніки в умовах екстремальних навантажень воєнного часу. Це включає: стійкість до вторинних факторів ураження: розробка методик перевірки техніки, що працює в зонах постійних обстрілів та завалів, адаптація до стандартів ЄС: забезпечення повної сертифікації згідно з [1, 2, 3] для інтеграції українських виробників у європейський ринок та об'єктивний моніторинг: впровадження незалежного контролю тактико-технічних характеристик, що напряму впливають на виживання особового складу та швидкість ліквідації НС.

Відсутність багатоцільової випробувальної бази призводить до того, що перевірка техніки під час закупівлі часто має формальний характер, що недопустимо в умовах підвищених навантажень.

На сьогоднішній день на базі пожежно-випробувального полігону ІДУ НД ЦЗ НУЦЗ України запроваджено комплекс робіт спрямований на перевірку окремих технічних параметрів пожежної та спеціальної техніки, яка закуповується для територіальних підрозділів ДСНС України. Процес оцінювання відповідності пожежної та спеціальної техніки базувався на комплексному підході, що поєднує теоретичні нормативи та практичний досвід експлуатації. В основу перевірки покладено технічні вимоги, розроблені провідними фахівцями-практиками територіальних підрозділів ДСНС України. Науковий супровід та інструменталізацію процесу забезпечили фахівці ІДУ НД ЦЗ НУЦЗ України, якими було реалізовано наступні кроки: розроблено низку спеціалізованих методик вимірювань, що охоплюють широкий спектр технічних і експлуатаційних показників, проведено детальне опрацювання та підготовку локацій (випробувальних майданчиків), технічні характеристики яких відповідають вимогам розроблених методик.

Так протягом 2025 року перевірено 145 одиниць пожежної та спеціальної техніки. На рис. 1 наведено загальний вигляд деякої пожежної та спеціальної техніки, яка перевірялась протягом 2025 року.

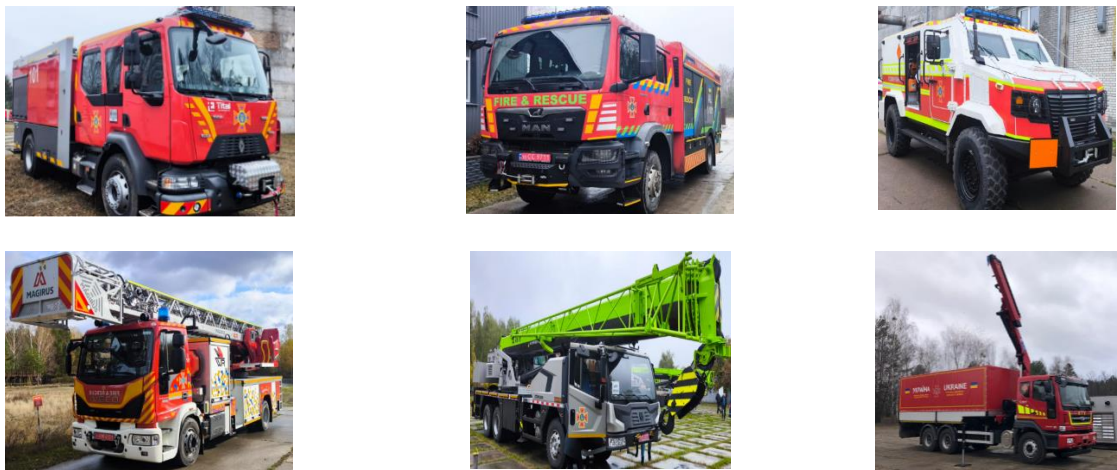


Рисунок 1 – Загальний вигляд деякої пожежної та спеціальної техніки, яка перевірялась у 2025 році

В подальшому на базі пожежно-випробувального полігону Інституту планується створення багатоцільової випробувальної інфраструктури для визначення повного комплексу параметрів пожежної та спеціальної техніки.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 1846-1:2025 Пожежні та аварійно-рятувальні транспортні засоби. Частина 1. Номенклатура та позначення (EN 1846-1:2011). [Чинний 2025-11-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2025. 10 с.
2. ДСТУ EN 1846-2:2018 Пожежно-рятувальні транспортні засоби. Частина 2. Загальні вимоги. Безпека та експлуатаційні характеристики (EN 1846-2:2024, IDT). [Чинний 2025-05-12]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2025. 78 с.
3. ДСТУ EN 1846-3:2018 Пожежно-рятувальні транспортні засоби. Частина 3. Стационарно встановлене устаткування. Безпека та експлуатаційні характеристики (EN 1846-3:2013, IDT). [Чинний 2019-10-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2018. 38 с.
4. NFPA 1900:2024 Standard for Aircraft Rescue and Firefighting Vehicles, Automotive Fire Apparatus, Wildland Fire Apparatus, and Automotive Ambulances. Document published on: 2024-01-01. USA: NFPA. 2024. 380 p.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАГУВАННЯ НА ПОЖЕЖІ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Приходько Б. В.

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні умови воєнного стану в Україні формують нові виклики для системи цивільного захисту, особливо у сфері реагування на пожежі в природних екосистемах. Пожежі у лісах, степах і торфовищах набувають більш масштабного та неконтрольованого характеру через вплив бойових дій.

Основними причинами виникнення пожеж є артилерійські обстріли, ракетні удари, падіння уламків боєприпасів та військової техніки. Часто пожежі виникають одночасно на значних територіях, що ускладнює їх локалізацію та ліквідацію.

Серйозною проблемою є мінна небезпека. Заміновані території значно обмежують доступ пожежно-рятувальних підрозділів. У таких умовах першочергового значення набуває проведення інженерної розвідки та взаємодія з підрозділами розмінування.

Важливу роль відіграє використання сучасних технологій, зокрема безпілотних літальних апаратів та супутникового моніторингу. Це дозволяє оперативно оцінювати ситуацію та планувати дії.

У воєнний час виникає дефіцит ресурсів, що ускладнює реагування. Частина техніки та особового складу залучена до виконання інших завдань, що знижує ефективність гасіння пожеж.

Тактика гасіння також зазнає змін. Застосовуються непрямі методи: створення мінералізованих смуг, використання природних бар'єрів, контрольовані відпали.

Особливу увагу слід приділяти безпеці особового складу через ризик вибухів. Необхідно дотримуватися підвищених заходів безпеки.

Важливим є інформування населення щодо правил поведінки та ризиків, пов'язаних із пожежами та вибухонебезпечними предметами.

Пожежі мають значні екологічні наслідки: знищення екосистем, забруднення повітря та деградація ґрунтів.

Після ліквідації пожеж необхідно здійснювати відновлення територій, рекультивуацію та моніторинг стану довкілля.

Таким чином, реагування на пожежі в умовах війни потребує комплексного підходу, впровадження сучасних технологій та ефективної координації між службами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : наказ ДСНС України № 375 від 02.04.2024 р.

2. Коваль М., Чалий Д., Ковальчук В. та ін. Дії підрозділів ДСНС України під час воєнного стану: навч. посіб. Львів : ЛДУБЖД, 2023. 308 с.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ГІДРАТАЦІЇ МІНЕРАЛІВ C_3S ТА C_3A У НАНОМОДИФІКОВАНИХ ЦЕМЕНТНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ БІЛОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Пушкарьова К. К., д.т.н., професор,

Кочевих М. О., к.т.н., доцент,

Кушнірова Л. О., к.т.н., доцент,

Терещенко Л. В., аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури

Сучасний будівельний ринок України спирається на передовий міжнародний та європейський досвід, орієнтований на реалізацію концепції кращого, безпечного та екологічного життєвого простору. Зведення нових сучасних будівель та споруд вимагає залучення інноваційних, довговічних і візуально привабливих матеріалів. Ефективним рішенням у цьому напрямку є застосування архітектурних фасадних елементів і деталей ландшафтного дизайну на основі модифікованих білих та кольорових цементів. Їх використання під час будівництва сучасних споруд дозволяє суттєво прискорити виконання робіт і забезпечує високу архітектурну виразність, повністю виключаючи потребу в додаткових фінансових і часових витратах на підтримання привабливого естетичного вигляду.

Як об'єкти дослідження було обрано білі портландцементи марки СЕМ І 52.5 турецьких виробників Adana та Cimsa. Їхній вибір зумовлений суттєвими відмінностями у мінералогічному складі: вміст трьохкальцієвого алюмінату у них становить 3,0 % та 11,5 %, а трьохкальцієвого силікату – 73,0 % та 55,8 % відповідно.

Для комплексної модифікації цементних систем застосовували суперпластифікатори Melflux 1641F, Melflux 2651 і Melflux 5581 та нанокарбонатну добавку у формі мінеральної дисперсії Enrich C50 від компанії Nordkalk (Норвегія).

З метою детального з'ясування фізико-хімічних механізмів взаємодії білих цементів із введеними нанокарбонатними та пластифікуючими модифікаторами в лабораторних умовах було додатково синтезовано чисті клінкерні мінерали C_3S та C_3A [1].

Експериментальні дослідження здійснювалися на цементних пастах із водоцементним відношенням, що забезпечувало консистенцію тіста нормальної густоти. Оцінка фізико-механічних показників проводилася на зразках-кубах із розмірами 2x2x2 см, які витримувалися в нормальних умовах тверднення.

Введення полікарбоксилатного суперпластифікатора спричиняє певне гальмування гідратації мінералу C_3S . Це зумовлено тим, що молекули добавки адсорбуються на поверхні клінкерних зерен, інгібуючи нуклеацію (утворення зародків кристалізації), що тимчасово знижує загальну швидкість гідратації та тверднення системи. Водночас, з огляду на специфіку хімічної будови пластифікатора, відбувається його миттєва поверхнева хемосорбція на фазі C_3A та первинних продуктах її гідратації [2].

Як наслідок, у цементах із високим вмістом C_3A та зниженою часткою C_3S введення невеликих доз пластифікатора є малоефективним: його залишкової концентрації у рідкій фазі виявляється недостатньо для повноцінного диспергування силікатних мінералів та зниження в'язкості тіста. Це неминуче провокує подальший спад міцнісних показників, а для досягнення необхідного диспергуючого ефекту потребується суттєве збільшення дозування добавки. Натомість у системах із низьким вмістом C_3A (і відповідним переважанням C_3S) оптимальний пластифікуючий ефект забезпечується за значно менших витрат модифікатора, що супроводжується більш стабільним та рівномірним наростанням міцності у часі.

Інтеграція нанокарбонатної добавки у пластифіковану систему на основі білого портландцементу активізує її взаємодію з алюмінатною фазою (C_3A). Це створює термодинамічні передумови для формування карбонатного еtringіту, який ініціює направлений синтез низькоосновних волокнистих гідросилікатів (зокрема тоберморитоподібних фаз) і блокує фазовий перехід гексагональних гідроалюмінатів у стійкі кубічні форми. Такий механізм ефективно компенсує втрату міцності в цементах із переважанням C_3A над C_3S . Паралельно спостерігається інтенсифікація гідратації C_3S : поверхня нанокарбонатних частинок адсорбує іони кальцію, що пришвидшує виділення портландиту. У цьому процесі нанодобавка виконує функцію кристалохімічної підкладки для спрямованого росту гідросилікатних кристалів, чітко демонструючи виражений нуклеаційний ефект [3].

Можливість цілеспрямованого регулювання міцності білих портландцементів зі зміненим мінералогічним складом (високим C_3A та низьким C_3S) набуває критичного значення при виробництві кольорових цементів. Відомо, що введення пігментів традиційно призводить до деградації міцнісних показників на 5–7 % [4]. Усунення цього недоліку шляхом комплексної наномодифікації відкриває інноваційні перспективи для стабілізації та покращення експлуатаційних властивостей як білих, так і кольорових декоративних в'язучих.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пушкарьова К. К., Кочевих М. О., Кушнерова Л. О., Терещенко Л. В. Вплив мінералогічного складу на процеси структуроутворення наномодифікованого білого цементу : тези доповідей 10-ї Міжн. Наук.-техн. Конф. «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті». Харків : УкрДУЗТ, 2024. С. 211–213.
2. Ramachandran, V. S., Mohan Malhotra, V. (1996). 7 – Superplasticizers. Concrete Admixtures Handbook (Second Edition), William Andrew Publishing. 410–517. ISBN 9780815513735. DOI: 10.1016/B978-081551373-5.50011-8.
3. Пушкарьова К. К., Шейніч Л. О., Гадайчук Д. Р., Кушнерова Л. О., Мазур В. О. Кристалохімічні аспекти процесів структуроутворення білого портландцементу в присутності нанокарбонатних добавок. Наука та будівництво. 2021. Том 30. № (4). С. 36–45. DOI: 10.33644/2313-6679-15-2021-4.
4. Пушкарьова К. К., Терещенко Л. В. Дослідження сумісного впливу неорганічних пігментів та нанокарбонатних добавок на синтез міцності декоративних цементів. Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». 2024. № 45. С. 68–75. DOI: 10.31713/budres.v0i45.08.

ОСОБЛИВОСТІ ТАКТИКИ ДІЙ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

*Рихва В. В.,
Капталян Д. Т.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

В умовах мирного та воєнного часу специфіка виникнення і розвитку пожеж на об'єктах зберігання нафти може суттєво відрізнятись, зокрема через можливі пошкодження інфраструктури, обмеженість ресурсів та підвищені ризики вторинних уражень. При ліквідації пожеж на об'єктах зберігання та транспортування нафти необхідно враховувати особливості дій підрозділів в умовах підвищеної небезпеки, визначають порядок організації гасіння пожеж різних класів і масштабів, застосування вогнегасних речовин та технічних засобів, а також заходи з мінімізації наслідків для населення і навколишнього природного середовища.

Пожежі нафти та нафтопродуктів у резервуарах належать до найскладніших техногенних катастроф, що супроводжуються масштабними матеріальними збитками та загрозою для життя людей. Особливу небезпеку становить горіння сирової нафти через її складний хімічний склад та наявність супутніх домішок, зокрема води.

Сира нафта, що видобувається, майже завжди містить воду у вигляді емульсії або «водяної подушки» на дні резервуара. Саме наявність води є ключовим фактором, що зумовлює найбільш небезпечні явища під час пожежі.

Горіння нафти створює потужні радіаційні теплові потоки, що впливають на сусідні резервуари та споруди. При пожежі стінка, покрівля, днище резервуара і сам нафтопродукт нагрівається до високих нестационарних температур в результаті чого в елементах конструкції виникають значні температурні напруження і деформації. При цьому різко збільшується внутрішній тиск закритих резервуарах. Всі ці теплові фактори зменшують механічну міцність резервуара і часто приводять до його руйнування. Кожна четверта пожежа перетворювалась в групову і завершувалась повним вигоранням нафтопродукту [1].

Для розвідки та моніторингу місця пожежі доцільно використовувати тепловізор із відповідними технічними спроможностями, залучати БпЛА з тепловізійним обладнанням на виявлення осередків горіння, спостереженням пожежі, оцінку її параметрів та прогнозування динаміки для забезпечення керівника гасіння пожежі в реальному часі інформацією, необхідною для ухвалення рішень щодо організації оперативних дій, для коректування розстановки залучених сил і засобів [2].

Беручи до уваги практичний досвід пожежно-рятувальних підрозділів щодо гасіння пожеж в резервуарних парках рекомендується керівнику гасіння пожежі:

утворити Штаб на пожежі, долучити до його складу представників адміністрації та фахівців об'єкта для постійного моніторингу технологічного процесу щодо припинення перекачування нафтопродуктів, здійснення аварійного зливу з резервуару, що горить, сусідніх резервуарів та за потреби чи вимогою керівника гасіння пожежі облаштувати додаткове обвалування;

визначити з числа начальницького складу осіб, що забезпечать організацію відключення комунікацій резервуарів, охолодження резервуарів, що горять, і сусідніх з ними, підготовку пінної атаки, дотримання правил безпеки праці;

увести водяні стволи та лафетні стволи для охолодження резервуарів, що горять, та сусідніх з ними резервуарів. При подачі вогнегасних речовин на охолодження резервуарів з пожежних та природних водоймищ використовувати переносні лафетні стволи (СЛК-

П20) та сучасні лафетні стволи без сітки PROTEK Style 600 (622), що зменшить ризик їх забивання;

при загрозі повторного обстрілу і евакуації особового складу в безпечне місце передбачити встановлення пожежних мотопомп на вододжерела, пожежні гідранти чи пожежні водоймища зафіксувати переносні лафетні стволи та забезпечити їх безперебійну подачу води на охолодження резервуарів;

організовувати гасіння пожежі, встановлення пожежних автодрабин та автопідіймачів з навітряної сторони [3];

використовувати піну для гасіння легкозаймистих речовин чи горючих речовин у «комірцях» резервуара. Пожежні стволи можуть подаватися через отвори в стінках резервуара;

організувати у разі горіння темного нафтопродукту в резервуарі безперервне спостереження за прогріванням легкозаймистих речовин чи горючих речовин для попередження його викиду, за наявності в резервуарі донної («підтоварної») води організувати її відкачування або зливання;

здійснювати подачу піни протягом розрахункового часу гасіння пожежі після припинення горіння резервуара та слідкувати за тим, щоб нею було постійно покрито всю поверхню резервуара;

до роботи зі стволами особовий склад допускається тільки одягнений у тепловідбивні костюми;

залучати до гасіння пожежі поїзди із можливістю забору води пожежними мотопомпами та пожежними цистернами з великою продуктивністю насоса для перекачування вогнегасних речовин;

вимагати від адміністрації об'єкта створення загороджувальних валів з піску або землі для обмеження розтікання легкозаймистих речовин чи горючих речовин у разі відсутності обвалування резервуарного парку та визначити додаткові заходи безпеки під час гасіння пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чернецький В. В. Вплив теплових факторів пожежі на цілісність вертикальних сталевих резервуарів з нафтопродуктами. Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека. Львів : ЛДУ БЖД, 2016.

2. Статут дій органів управління та підрозділів ОРС ЦЗ під час гасіння пожеж : наказ МВС України від 26.04.2018 року №340 «».

3. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: навч. посіб. / за заг. ред. професора Мирослава Ковалю. Львів : ЛДУ БЖД, 2023. 22 с.

4. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : наказ ДСНС України від 02.04.2024 № 375.

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОТОТИПУ ПРИСТРОЮ З ШАРНІРНИМ ВУЗЛОМ ДЛЯ МОНТАЖУ ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА

*Романов С. Ю.,
Панченко С. О.*

Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах проведення аварійно-рятувальних робіт важливим є застосування технічних засобів, що дозволяють підвищити ефективність роботи пожежно-рятувальних підрозділів та забезпечити безпеку особового складу. Одним із напрямів удосконалення пожежної техніки є створення пристроїв для фіксації та керування положенням пожежних стволів під час подачі вогнегасних речовин.

Відомі конструкції кріплення пожежних стволів дозволяють здійснювати їх фіксацію у певному положенні, проте мають ряд недоліків. Зокрема, деякі пристрої потребують складного монтажу або можуть використовуватися лише у визначених місцях встановлення. Інші аналоги [1, 2] не забезпечують можливості регулювання напрямку подачі вогнегасної речовини, що обмежує їх функціональні можливості під час ліквідації пожеж та надзвичайних ситуацій.

Метою роботи є розроблення прототипу пристрою з шарнірним вузлом для монтажу пожежного ствола, який забезпечує можливість зміни просторового положення ствола та його надійну фіксацію під час роботи.

Запропонований пристрій містить корпус трубчастої конструкції із з'єднувальними пожежними головками для підключення пожежного напірного рукава та пожежного ствола-розпилювача. У середній частині корпусу розташований шарнірний вузол, що включає затискну муфту та опорну частину з шаровим шарніром. Для кріплення пристрою до елементів конструкції або кузова пожежного автомобіля передбачено використання струбцини. Фіксація заданого положення здійснюється за допомогою гвинтового механізму.

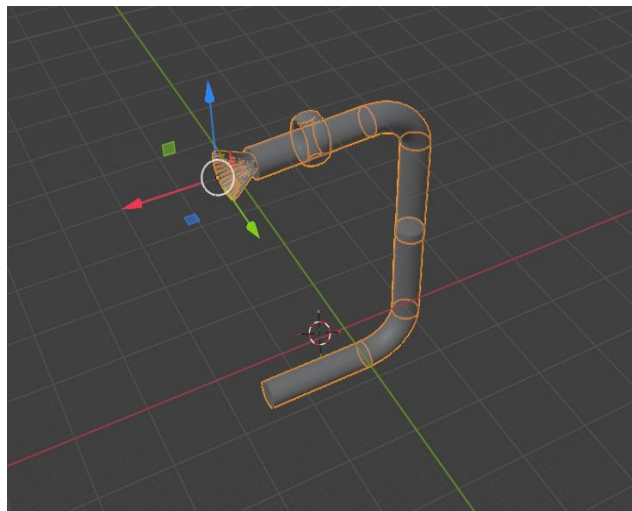


Рисунок 1 – 3-D модель прототипу пристрою з шарнірним вузлом для монтажу пожежного ствола

Розроблений прототип дозволяє змінювати кут нахилу та напрямок подачі водяного струменя шляхом регулювання шарнірного вузла. Це забезпечує можливість ефективного спрямування розпилювального потоку води [3] під час гасіння пожеж,

охолодження конструкцій, а також проведення первинної деконтамінації постраждалих або техніки.

Основною перевагою запропонованої конструкції є універсальність монтажу та можливість регулювання просторового положення пожежного ствола. Це дозволяє використовувати пристрій на пожежних автомобілях, мобільних платформах або конструкціях будівель і споруд, що значно розширює сферу його застосування.

Таким чином, розроблений прототип пристрою з шарнірним вузлом для монтажу пожежного ствола підвищує ефективність використання пожежного обладнання, спрощує процес його встановлення та забезпечує більш гнучке керування напрямком подачі вогнегасної речовини під час ліквідації пожеж і наслідків надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pat. KR101657195B1, Int. Cl. (2006.01) A62C 31/28, A62C 31/02, B05B 15/06, (2013.01) A62C 31/28, A62C 31/02. Fire protection spray nozzle clamping device for building / Kim, Ki Won; Assignee: YUWON ARCHITECTURAL FIRM CO., LTD; Appl. №.: KR20160051880; Filed: 2016-04-28; Pub Num: KR101657195B1; Pub Date: 2016-09-19.

2. Pat. KR102024711B1, Int. Cl. (2006.01) A62C 31/28, A62C 31/0, A62C 33/04, (2013.01) A62C 31/28, A62C 31/02. Fastening structure of fire fighting water nozzle / Hwang, S. G., Moon, H. G., Han, C. S., Kim, S. H., Ryu, J. K., No, J. K., Park, S. H., Lee, J. S., Jo, J. H., Ryu, B. G.; Assignee: LIG NEX1 CO., LTD.; Appl. №.: KR20180124277; Filed: 2018-10-18; Pub Num: KR102024711B1; Pub Date: 2019-09-26.

3. Панченко С., Биченко А., Нижник В. Експериментальне дослідження параметрів розсіювання води під час гасіння пожеж за допомогою авіаційних спринклерів. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2024. № 1 (10 (127)). С. 64–73. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.298916.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В ЛІСАХ

*Рудаков С. В.¹, к.т.н., доцент,
Дадашов І. Ф.², д.т.н., професор*

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Академія Міністерства з надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки

Пожежі в лісах є одним з найбільш відчутних і довготривалих наслідків військових дій [1, 2]. Як з точки зору охорони природи, так і з точки зору економіки. Після 2022 року, коли росіяни почали застосовувати тактику «випаленої землі», нищення лісів України значно посилюється [3].

Слід зазначити, що пожежі, які виникають під час війни – особливий чинник воєнних впливів на довкілля. Вони можуть бути як наслідком бойових дій, і тактичною діяльністю військ, яка застосовується свідомо. Вони виникають і неконтрольовано поширюються у часі та просторі як у зоні активних бойових дій, так і далеко поза її межами (наприклад, на замінованих та окупованих територіях).

Гасіння лісових пожеж є одним із важливих завдань лісових організацій. Для ефективного гасіння лісових пожеж необхідна організаційна та технічна підготовка служби лісового пожежогасіння, яка неможлива без актуальної інформації про особливості виникнення та розвитку пожеж, а також про можливості протидії їм та ефективність дії вогнегасних засобів.

В останні десятиліття у всіх країнах, багатих на лісові ресурси, спостерігається зростання кількості лісових пожеж. Ситуація з лісовими пожежами є відображенням потужності антропогенного впливу на навколишнє середовище, що виражається в потеплінні клімату та збільшенні темпів експлуатації лісових масивів. Тому для захисту лісів від пожеж вже недостатньо розроблених і застосовуваних у виробничому процесі протипожежних заходів. Зміни, що відбуваються в природі, повинні привести до еволюційних змін у профілактиці та гасінні лісових пожеж. Модернізації повинна бути піддана якщо не вся система боротьби з лісовими пожежами, то окремі її елементи. Необхідно проаналізувати проблемні питання щодо профілактики та гасіння лісових пожеж і знайти рішення, які в комплексі привели б до якісного підвищення ефективності боротьби з ними. З усіх видів діяльності з наукової точки зору найбільш перспективними є обґрунтування захисної дії протипожежних бар'єрів і застосування засобів гасіння лісових пожеж. Обидва ці напрямки є єдиним цілим, оскільки базуються на одному принципі перешкоджання горінню і вільному поширенню пожеж, шляхом виключення взаємодії лісових горючих матеріалів з киснем повітря. Модернізація протипожежних заходів і боротьба з лісовими пожежами найбільш необхідна в тих місцях, де існують серйозні труднощі з післяпожежним відновленням лісів. До таких територій відносяться лісостепова і степова зони, де ведеться інтенсивне сільськогосподарське виробництво, а на лісові масиви покладені захисні та екологічні функції. У цьому випадку лісова пожежа завдає подвійного удару і по веденню лісового господарства, і по ефективності сільськогосподарського виробництва.

Сучасний технічний і технологічний стан заходів щодо забезпечення пожежної безпеки та засобів пожежогасіння недостатньо відповідає різноманітності та особливостям природних умов місцезнаходження лісових масивів в Україні, їх видового складу, що вимагає індивідуального підходу в боротьбі з лісовими пожежами. Важливою науковою проблемою в цьому питанні є виявлення особливостей виникнення та розвитку лісових пожеж і ефективних заходів у боротьбі з ними. Для вирішення даної проблеми в лісостеповій і степовій зонах необхідно провести порівняння з виникненням,

розвитком пожеж і існуючими методами боротьби з ними в лісових зонах і запропонувати ефективні технічні засоби і технологічні протипожежні заходи для розглянутої території. На підставі виявлених недоліків у протипожежних заходах і засобах гасіння лісових пожеж необхідно розробити заходи щодо підвищення захисних властивостей протипожежних бар'єрів і підвищення ефективності застосування вогнегасних засобів при пожежогасінні.

Забезпечення пожежної безпеки в лісах є складним комплексом організаційних і технічних заходів, що складається з реалізації наступної послідовності дій: протипожежна профілактика, протипожежне облаштування лісових масивів, моніторинг лісопожежної обстановки і виявлення лісових пожеж, гасіння і локалізація лісових пожеж.

У разі низової пожежі високої інтенсивності, що поширюється зі швидкістю понад 3 м/хв, з високим полум'ям на фронті, слід вжити заходів до зупинки її поширення шляхом пуску відпалу проти фронту від опорної смуги. На флангах і в тилу зупинка проводиться обробкою краю водою з лісових вогнегасників, або ґрунтом шляхом охоплення з тилу.

На підставі аналізу заходів щодо боротьби з лісовими пожежами встановлено, що дане завдання вирішується при застосуванні комплексу заходів: зниження ймовірності виникнення лісової пожежі, зниження можливостей для її поширення, підвищення ефективності гасіння. Запропоновані організаційні та технічні рішення не знаходять достатнього застосування у виробництві.

Існуючий набір табельних засобів і прийомів гасіння лісових пожеж обмежений, а численні розробки недостатньо досконалі. Застосування даних засобів при гасінні лісових пожеж ускладнене внаслідок відсутності широкого доступу до них, складністю у використанні.

Застосування вогнезахисних засобів при будівництві протипожежних бар'єрів дозволяє зберігати межі лісових масивів, знижувати трудовитрати і енергоємність їх створення в лісостеповій і степовій зонах [4]. Вогнезахисні склади можуть бути використані для збільшення розмірів загороджувальних бар'єрів без видалення з нього рослинності. Для будівництва загороджувальної смуги пропонуються рідкі багатоконпонентні водні розчини, що містять органічні та неорганічні речовини, які мають вогнегасну та піноутворювальну дію, однак, ці засоби мають високу ціну і мало доступні для застосування.

Експериментально підтверджено, що застосування тонкорозпиленого струменя води з розміром крапель 10–50 мкм, здатне забезпечити витрату води 0,8–0,11 дм³ /м, а застосування водяної пари дозволяє забезпечити витрату 0,65 дм³ /м, що дозволяє значно заощадити воду при гасінні лісової низової пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зібцев С., Лакида П., Миронюк В. та ін. Інтегрована система охорони лісів від пожеж: монографія. Київ : Наукова столиця; ФОП Шмидко Т.С., 2018. 350 с.
2. Зібцев С. В., Яворовський П. П., Сендонін С. Є. та ін. Лісова пірологія: підручник / за ред. С. В. Зібцева. 2-ге вид., випр. і допов. Київ : Наукова столиця; ФОП Шмидко, 2020. 423 с.
3. Рашкевич Н. В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст. 2023. Том 4, вип. 178. С. 232–251. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251.
4. Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Ковальов А. І., Плотніков І. В., Сур'янінов В. М. Інноваційні заходи в проектуванні протипожежних перешкод трансформаторних підстанцій. ВІСТІ Донецького гірничого інституту. 2024. № 2. С. 59–65.

ОГЛЯД ЗАСОБІВ ПРОТИДІЇ РЕБ ТА МЕТОДІВ ЗАХИСТУ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

*Сазанська А. О.,
Пустовіт М. О.*

Національний університет цивільного захисту України

Сучасний електромагнітний спектр в Україні зазнав фундаментальних трансформацій та остаточно утвердився як повноцінний і, можливо, найважливіший домен ведення війни. Зі стрімким зростанням ролі безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та безпілотних наземних роботизованих комплексів у розвідці надзвичайних ситуацій, гасінні пожеж, стійкість каналів управління та телеметрії стала критичним фактором виживання техніки. У контексті виконання безпілотними системами ДСНС завдань за призначенням, потреба у методах протидії РЕБ, зокрема захисту каналів управління безпілотних систем є важливою задачею.

Ключовим елементом сучасного телекомунікаційного захисту є забезпечення безпеки передачі (TRANSEC – Transmission Security). На відміну від криптографії (COMSEC – Communication Security), яка захищає зміст повідомлення, TRANSEC спрямований на приховування самого факту існування передачі.

Системи TRANSEC базуються на трьох принципах: зниження ймовірності перехоплення (LPI – Low Probability of Intercept), зниження ймовірності виявлення (LPD – Low Probability of Detection), зменшення загальної електромагнітної сигнатури передавачів. Зниження випромінюваної потужності до мінімально необхідного для підтримки лінка рівня суттєво мінімізує шанси запеленгувати джерело випромінювання [1].

Досягнення високих показників стійкості вимагає поєднання передових радіочастотних компонентів та складних математичних алгоритмів обробки сигналів на фізичному рівні, таких як шифрування та псевдовипадкове перелаштування частоти (ППРЧ). Найбільш фундаментальним методом захисту залишається криптографічне шифрування даних перед їх передачею в радіоканал з ППРЧ.

Ключовим досягненням в радіоелектронному захисті є технологія нулювання діаграми спрямованості. Цей метод передбачає штучне формування глибоких «нулів» – зон мінімальної або нульової чутливості антени – точно в тих напрямках, звідки надходить сигнал від ворожих постановників завад. Застосування алгоритмів швидкої збіжності, таких як інверсія вибіркової матриці, дозволяє системі миттєво адаптувати діаграму спрямованості, ізолюючи та скасовуючи інтерференцію в реальному часі [2].

Алгоритмічні методи в радіоелектронному захисті, а саме алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту стали невід'ємною частиною архітектури виживання безпілотних систем.

Особливий інтерес становить застосування генетичних алгоритмів для оптимізації топології мережі. У цьому підході основний канал з високою пропускну здатністю піддається інтенсивному глушінню, тому БпЛА переходять на більш стійкий, але повільний канал виключно для обміну телеметричними сигналами [3].

Захист каналів управління остаточно перейшов у площину когнітивних радіомереж та машинного навчання. Застосування алгоритмів глибокого навчання з підкріпленням у комбінації з моделями прогнозування спектру дозволяє системі зв'язку адаптуватися до раніше невідомих, складних типів придушення в рази швидше, ніж це здатна зробити людина-оператор. Крім того, використання генетичних алгоритмів та багатоагентного навчання, а також mesh-мереж дозволяє масованим групам БпЛА автономно оптимізувати

свою фізичну формацію, маршрутизацію трафіку та напрямки антенних променів для мінімізації впливу ворожої РЕБ [4].

Таким чином, забезпечення життєздатності безпілотних систем зазнало революційних змін. Стійкість каналів управління та обміну даними вже не може покладатися виключно на пасивні методи, такі як криптографічне шифрування або прості, передбачувані алгоритми псевдовипадкового перелаштування частоти. Постійна еволюція когнітивних систем постановки завдань вимагає комплексного, багатопланового підходу до розбудови архітектури радіоелектронного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yang, J., Cui, M., Zhang, H. et al. (2025). Agent-Based Anti-Jamming Techniques for UAV Communications in Adversarial Environments: A Comprehensive Survey. arXiv:2508.11687.
2. Shao, Z. et al. (2024). Deep Reinforcement Learning-Based Resource Management for UAV-Assisted Mobile Edge Computing Against Jamming. IEEE Transactions on Mobile Computing. DOI: 10.1109/TMC.2024.3432491.
3. Silva, T., Grilo, A. (2025). A Genetic Algorithm Approach to Anti-Jamming UAV Swarm Behavior. arXiv:2510.07292.
4. Alkahtani, H. K., Galiya, Y., Akbayan, B. et al. (2026). Explainable multi agent reinforcement learning framework for secure and adaptive communication in UAV swarm based fanets. Sci Rep. DOI: 10.1038/s41598-026-39366-x.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЛИБИНИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖНИХ СТВОЛІВ

Сенчихін Ю. М., к.т.н., професор,

Махмурян А. С.

Національний університет цивільного захисту України

Успішне гасіння пожежі багато в чому залежить від своєчасного введення в дію першого пожежного ствола на вирішальному напрямку. Для його подачі пожежник повинен був проникнути до вогнища пожежі (підійти якомога ближче до місця горіння), направити струмінь вогнегасної речовини (води або водних розчинів поверхнево-активних речовин) до місць найбільш інтенсивного горіння, на видимі палаючі конструкції та предмети; назустріч поширенню вогню; зверху донизу при гасінні вертикальних поверхонь [1].

В даний час при подачі вогнегасних речовин, перш за все при локалізації пожежі, необхідно використовувати стаціонарні установки і системи гасіння пожеж. При роботі з ручними пожежними стволами необхідно забезпечувати подачу вогнегасної речовини безпосередньо в осередок пожежі з дотриманням правил безпеки праці.

Подача вогнегасної речовини до осередку пожежі, на поверхню, що охолоджується, або в зону, що захищається водяними пожежними стволами може здійснюватися прямими і навісними струменями.

Необхідна умова локалізації пожежі полягає в досягненні рівності фактичної ($Q_{\text{фак}}$) та потрібної ($Q_{\text{потр}}$) витрат вогнегасних речовин [2]:

$$Q_{\text{фак}}^{\text{заг}} \geq Q_{\text{потр}}^{\text{заг}}, \text{ л/с.} \quad (1)$$

Однак вогнегасні речовини, що подаються, можуть не досягати поверхонь, що горять (робота по диму, подача на висоту й інше.), тому для успішної локалізації пожежі необхідно створити такі умови, за яких вогнегасна речовина, що подається в достатній кількості могла б вводиться безпосередньо на поверхні, що горять. Це досягається виконанням достатньої умови локалізації пожежі, яка полягає у досягненні рівності фактичної ($I_{\text{фак}}$) та потрібної ($I_{\text{потр}}$) інтенсивності подачі вогнегасної речовини:

$$I_{\text{фак}} \geq I_{\text{потр}}, \text{ л/м}^2\cdot\text{с.} \quad (2)$$

Виконання цих умов (1, 2) на пожежі – обов'язок ствольника. Ствольник може здійснювати гасіння поверхонь, що горять, на певній площі ($S_{\text{ств}}$, м²), величина якої залежить від продуктивності пожежного ствола і потрібної інтенсивності подачі води на одиницю площі [2]:

$$S_{\text{ств}} = \frac{Q_{\text{ств}}}{I_{\text{потр}}}, \text{ м}^2, \quad (3)$$

де $Q_{\text{ств}}$ – продуктивність (витрата) ствола, л/с; $I_{\text{потр}}$ – потрібна інтенсивність (I_S – поверхнева) подачі вогнегасних речовин, л/м²·с;

$$I_{\text{потр}} = I_S \cdot h_{\text{гас}}, \quad (4)$$

де $h_{\text{гас}}$ – глибина смуги гасіння пожежним стволом, м.

Фронт роботи ствольника ($F_{\text{ств}}$, м) залежить від продуктивності пожежного ствола та потрібної інтенсивності подачі на погонний метр периметра пожежі [2]:

$$F_{\text{ств}} = \frac{Q_{\text{ств}}}{I_{\text{л}}}, \text{ м}^2, \quad (5)$$

де $I_{\text{л}}$ – інтенсивність (лінійна) подачі вогнегасних речовин на погонний метр периметра пожежі, л/м·с;

Під час подачі вогнегасних засобів при гасінні пожеж приблизно третина довжини струменя використовують ефективно, тобто опрацьовує (зрощує) площу пожежі, що становить для ручних стволів 5-7 м, для лафетних 10–15 м (через неможливість підійти близько до осередку пожежі через дію теплового випромінювання, втрати вогнегасної речовини при зіткненні з полум'ям і поверхнею, що горить). У розрахунку сил і засобів для гасіння пожежі зазвичай приймали меншу величину, для ручних стволів 5 і лафетних – 10 м. Таке обґрунтування кількісної характеристики, як глибина гасіння, для водяних пожежних стволів наводилося у [3,4].

Отже, досвідом гасіння пожеж встановлено, що пожежний струмінь має достатню для гасіння вогню силу приблизно тільки на першій третині гасіння.

В даний час для вирішення завдань управління силами і засобами пожежно-рятувальних підрозділів на пожежі з метою прогнозування обстановки при гасінні пожежі застосовуються такі кількісні характеристики вимірювального коефіцієнта – глибина гасіння: ручні водяні стволи малої потужності – 5 м; ручні водяні стволи великої потужності – 7 м; лафетні водяні стволи – 10 м; гідромонітори – 15 м.

Обґрунтованість даної характеристики тягне за собою аксіоматичний принцип її застосування. Тому, у рамках науково-дослідної роботи [5] проводилось дослідження глибини зрошення поверхні, що горить (горизонтальної та вертикальної) водяними пожежними стволами, як функції від основних гідравлічних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи тактики гасіння пожеж: навч. посіб. / В. В. Сировий, Ю. М. Сенчихін, А. А. Лісняк, І. Г. Дерев'янка. Х. : НУЦЗУ, 2015. С. 216. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/377>
2. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ : ТОВ «Література-Друк», 2016, 320 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/9477>
3. Пожежна тактика : підручник / П. П. Ключ, В. Г. Палюх, А. С. Пустовой та ін. Х. : Основа, 1998. 592 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1192>
4. Аналітичні розрахунки для обґрунтування оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів: Практикум / Сировий В. В., Сенчихін Ю. М., Ушаков Л. В., Бабенко О. В. Х. : НУЦЗУ, 2010. 236 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/4008>
5. Звіт на складову частину науково-дослідної роботи провести дослідження та розробити довідник керівника гасіння пожежі («Довідник КПП»: № держреєстрації 0114U002477 / Сенчихін Ю. М., Лісняк А. А., Аветісян В. Г та ін. Х. : НУЦЗУ, 2016. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/5392>

УДОСКОНАЛЕННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Сидоренко В. Л., д.т.н., професор,
Присяжнюк В. В., к.т.н., ст. дослідник,
Семичаєвський С. В.,
Осадчук М. В.,
Якименко М. Л.*

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Підрозділи ДСНС України під час ліквідації пожеж, надзвичайних ситуацій та їх наслідків працюють у специфічній оперативній обстановці, що характеризується впливом комплексу несприятливих чинників [1]. Особливої актуальності питання безпеки набуває в умовах воєнного стану, коли небезпечні чинники мають підвищену інтенсивність та непередбачуваність.

Небезпечні чинники, що можуть виникати під час військових дій на території держави, являють собою сукупність проявів, які призводять або можуть призвести до поранення чи загибелі особового складу. До них належать раптові вибухи боєприпасів унаслідок їх нагрівання під час пожеж із подальшим розльотом осколків, повторні детонації вибухонебезпечних предметів, обстріли зі стрілецької зброї та зброї великого калібру, артилерійські та ракетні удари, наїзд пожежно-рятувальної техніки на міни або інші вибухонебезпечні предмети внаслідок мінування територій, руйнування будівельних конструкцій у зоні виконання робіт тощо.

Під час прямування до місця виклику та безпосереднього виконання завдань за призначенням пожежно-рятувальні підрозділи постійно перебувають під впливом зазначених чинників. Особливо небезпечними є маршрути руху в районах активних бойових дій, де існує висока ймовірність мінування дорожнього покриття, узбіч, мостів та під'їзних шляхів, а також ризик раптових обстрілів.

З метою зменшення рівня травматизму та втрат серед особового складу необхідно забезпечувати підрозділи відповідною аварійно-рятувальною технікою підвищеної прохідності та захищеності, а також сучасними засобами індивідуального захисту.

За результатами проведених досліджень встановлено об'єктивну необхідність удосконалення існуючого парку пожежно-рятувальної техніки ДСНС України з урахуванням умов воєнного часу [2]. Основні технічні рішення, спрямовані на підвищення рівня захисту особового складу під час прямування до місця пожежі або надзвичайної ситуації, полягають у бронюванні окремих елементів кузова пожежно-рятувальних автомобілів.

Водночас необхідно враховувати, що кожне технічне рішення щодо бронювання окремого елемента кузова зумовлює збільшення спорядженої маси автомобіля. Це, у свою чергу, може призвести до зменшення динамічних характеристик, підвищення навантаження на елементи підвіски та трансмісії, зміни центру мас, зниження прохідності, збільшення витрат пального, відхилення від заводських тактико-технічних характеристик.

Отже, реалізація заходів з бронювання потребує обов'язкового погодження із заводом-виробником базового шасі або надбудови. Лише комплексний інженерний підхід дозволить забезпечити баланс між підвищенням рівня захисту та збереженням експлуатаційних характеристик техніки.

З огляду на зазначене, можливе впровадження окремих технічних рішень у вже наявну техніку, що перебуває в експлуатації, однак такі рішення мають прийматися виключно після техніко-економічного обґрунтування та погодження з виробником.

Можливі технічні рішення для модернізації існуючих зразків техніки:

- застосування автомобілів капотної компоновки;
- бронювання нижньої частини двигуна;
- використання V-подібної форми днища для розсіювання вибухової хвилі;
- встановлення спеціальних шин із внутрішніми вставками;
- бронювання кабіни (дверей, бокових панелей, вікон);
- застосування протикумулятивних ґратчастих екранів.

Найбільш ефективним шляхом підвищення рівня захисту є розроблення нового пожежно-рятувального автомобіля на базі існуючих шасі з урахуванням вимог безпеки ще на стадії проектування.

Під час розробки такого автомобіля необхідно врахувати:

- використання шасі підвищеної вантажопідйомності;
- застосування пневматичної підвіски;
- бронювання днища (встановлення панцирних листів);
- оптимізацію геометрії кабіни (збільшені кути для кращої обтічності);
- інтегровану систему пожежогасіння;
- п'ятиточкові ремені безпеки;
- куле- та вибухозахищену кабіну з броньованим склом;
- систему моніторингу 360°;
- дистанційно керований лафетний ствол із камерою та прожектором;
- систему централізованого регулювання тиску в шинах під час руху;
- шини з технологією RunFlat;
- захищене прокладання паливопроводів;
- прокладання електропроводки в броньованих або захисних патрубках;
- індивідуальні ергономічні сидіння з підголовниками та посиленням боковим упором.

На підставі проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

- 1) існує нагальна потреба у пожежно-рятувальній техніці, здатній ефективно виконувати завдання за призначенням в умовах воєнного стану;
- 2) захист особового складу повинен бути інтегрованим елементом конструкції автомобіля, передбаченим ще на етапі проектування;
- 3) перспективним варіантом є використання пожежної автоцистерни важкого класу третьої категорії на всюдихідному шасі, укомплектованої пожежно-технічним та спеціальним обладнанням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж : наказ МВС України від 16 квітня 2018 р. № 340. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0802-18#Text> (дата звернення: 10.02.2026).

2. Особливості використання пожежної та рятувальної техніки та забезпечення безпеки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС за умов воєнного стану : звіт з НДР (заключ.), держ. реєстр. № 0223U001642. Київ : ІДУ НД ЦЗ, наук. рук. В. Коваленко, 2022.

МОНІТОРИНГ НЕБА ПІД ЧАС ВІЙНИ Є ЗАПОРУКОЮ БЕЗПЕКИ ДЛЯ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

*Синевська І. І.,
Панчишин Ю. І.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Під час гасіння пожеж чи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (далі – НС) [1] які виникли внаслідок авіаударів ворогом рф по території України особовий склад підрозділів ДСНС України здійснює порятунок людей та їх майна ризикуючи власним життям. Неодноразово було зафіксовано повторні удари в місця виникнення пожеж чи НС внаслідок чого зазнали ураження пожежні-рятувальники які працювали на місці події, а також нажалі і призвели до летальних випадків.

Для підвищення рівня безпечних умов праці на місці події необхідно постійно здійснювати моніторинг повітряного простору в радіусі виникнення пожежі чи НС [2], тому для проведення даних дій необхідно призначити особову відповідальну за моніторинг повітряного простору та забезпечити її необхідним приладом, а саме портативним детектор дронів «Колібрі» [3], має характерний компактний пластиковий або металевий корпус (залежно від версії) та два типи антен: гнучка (штильова): для мобільного використання на ходу, виносна (на кабелі). Встановлюйте антену на дах пожежного авто або на піднесеність – це додає +1–2 км до дальності виявлення. для роботи з укриття або з автомобіля, Детектор кріпиться на плечову лямку бронезилета або розвантажувального жилета рятувальника. Антена направлена вгору за плече. Це дозволяє чути звуковий сигнал прямо біля вуха. «Колібрі» який зображено на рис. 1.

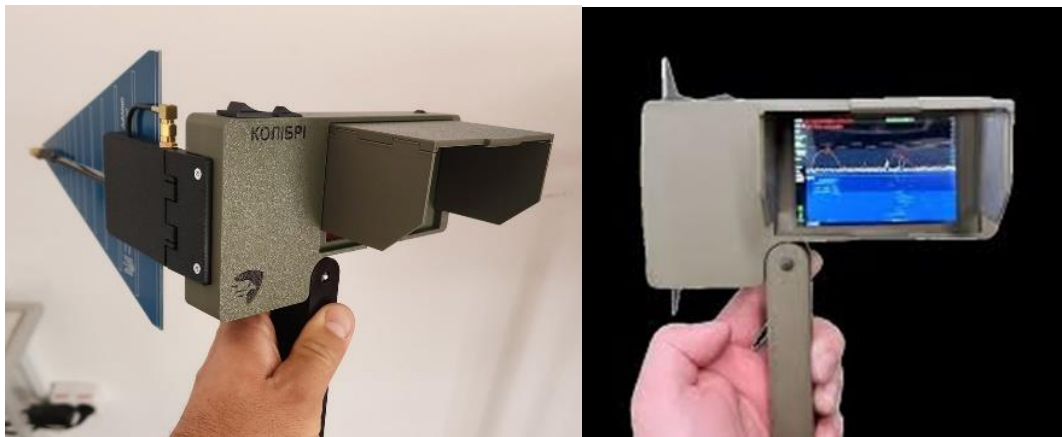


Рисунок 1 – Детектор дронів «Колібрі»

Використовуючи даний прилад на місці події можемо виявити ворожі безпілотні літальні апарати (далі-БПЛА) Ланцет, Зала, Орлан радіусі дії 20-30км, «Колібрі» є пасивним пристроєм він нічого не випромінює в ефір, тому ворожа розвідка не може виявити сам детектор дрони такі як Mavic 3, FPV та їх аналоги в радіусі дії 3-5км, засоби радіоелектронної боротьби (далі-РЕБ) та радіостанції в радіусі дії 2,5-3км, що значною мірою підвищує умови праці на місці події для особового складу підрозділів ДСНС України, як зображено на рис. 2.



Рисунок 2 – Використання детектора дронів «Колібрі» в практичній діяльності

Отже, можна зробити висновок, що використання детектора дронів «Колібрі» його головне завдання – вчасно вивести людей із зони ураження до того, як ворог здійснить повторний скид або обстріл під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС, є запорукою підвищення рівня безпечних умов праці на місці події і для особового складу підрозділів ДСНС України.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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 МВС України від 26.04.2018 № 340.
URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/373496__373561
2. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : наказ ДСНС України від 02.04.2024 № 375.
URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf>
3. Smart Birds. URL: <https://smartbirds.army/others/rer-kolibri/>

ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ У НЕПРИДАТНОМУ ДЛЯ ДИХАННЯ СЕРЕДОВИЩІ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Сінко А. А.

Національного університету цивільного захисту України

Забезпечення стабільного функціонування об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) є пріоритетним завданням національної безпеки. Аварії на таких об'єктах часто супроводжуються пожежами, вибухом небезпечних хімічних речовин та руйнуваннями, що призводить до формування середовища, непридатного для дихання. У таких умовах ефективність пошуково-рятувальних робіт (ПРР) напряму залежить від швидкості прийняття рішень та точності алгоритмів дій рятувальних підрозділів.

Аналіз досвіду ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на промислових та енергетичних об'єктах свідчить, що традиційні методи розвідки та пошуку постраждалих у непридатному для дихання середовищі часто мають надлишкову тривалість. Це зумовлено складним плануванням приміщень ОКІ, високим рівнем задимленості та обмеженим часом роботи рятувальників у засобах індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Оптимізація алгоритмів ПРР полягає у переході від лінійного пошуку до багатокритеріального аналізу зони НС.

Запропонований оптимізований алгоритм базується на інтеграції даних автоматизованих систем моніторингу об'єкта (датчиків диму, температури, систем контролю доступу) та побудові динамічної карти небезпечних чинників. Використання графічних моделей для визначення найкоротших та найбезпечніших маршрутів висування ланок газодимозахисної служби (ГДЗС) дозволяє скоротити час первинної розвідки на 15-20 %.

Основними етапами оптимізованого алгоритму ПРР на об'єктах критичної інфраструктури є:

1. Етап інтелектуальної розвідки:

– використання БПЛА з тепловізійними камерами та датчиками аналізу повітряного середовища.

– побудова 3D-моделі руйнувань у реальному часі для виявлення пустот, де можуть перебувати люди.

2. Етап динамічної кластеризації зони НС:

– розподіл об'єкта на сектори за критеріями: «високий ризик повторного обвалу», «зона ймовірного скупчення персоналу» та «доступність шляхів евакуації».

– призначення пріоритету кожному сектору.

3. Етап адаптивного пошуку:

– паралельний запуск груп: поки одна група працює у зоні високого пріоритету, технічні засоби (акустичні сенсори, георадари) проводять дистанційний моніторинг сусідніх секторів.

– використання алгоритму «Мурашиної колонії» для визначення найкоротших та найбезпечніших шляхів доставки рятувального обладнання крізь завали.

4. Етап координації та евакуації:

– створення мобільної мережі зв'язку для передачі телеметрії з місця знаходження постраждалого безпосередньо до штабу ліквідації.

Переваги такого підходу:

– скорочення «золотого часу»: швидка ідентифікація секторів з найвищою ймовірністю виживання людей.

– безпека рятувальників: оцінка стабільності конструкцій критичної інфраструктури перед заходом груп у зону.

– ресурсна ефективність: концентрація технічних засобів на ділянках, де вони найбільш необхідні.

Блок-схема оптимізованого алгоритму ПРР

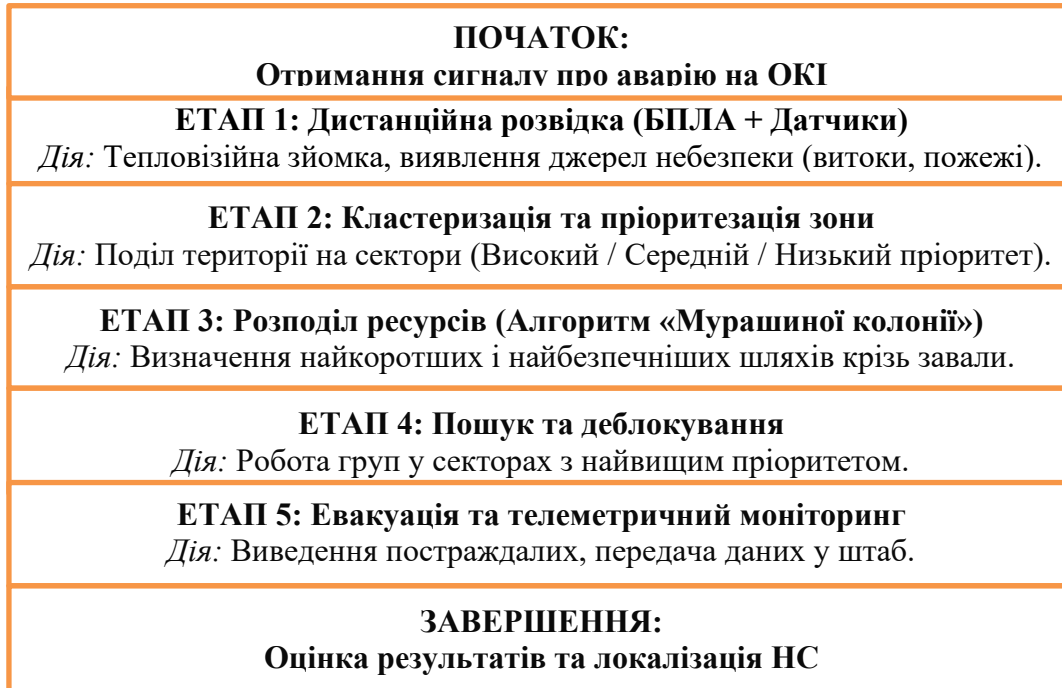


Рисунок 1 – Алгоритм оптимізованого циклу ПРР на об’єктах критичної інфраструктури

Особлива увага приділяється математичному моделюванню витрат повітря (кисню) рятувальниками. Оптимізація включає автоматизований розрахунок контрольного тиску для виходу, що враховує не лише фізичне навантаження, а й архітектурну складність маршруту на ОКІ. Це мінімізує ризики для самих рятувальників та підвищує шанси на успішну евакуацію постраждалих.

Впровадження таких алгоритмів потребує не лише технічного переоснащення, а й спеціальної підготовки особового складу, спрямованої на роботу з інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень у стресових умовах. Таким чином, оптимізація алгоритмів ПРР у непридатному для дихання середовищі є ключовим фактором зменшення масштабів людських втрат та прискорення відновлення роботи об’єктів критичної інфраструктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Порядок 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 МВС України № 780 від 25.09.2023 р.

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 МВС України № 340 від 26.04.2018.

3. Дії підрозділів ДСНС України під час воєнного стану : навч. посібник. М. Коваль, Д. Чалий, В. Ковальчук та ін. Львів : ЛДУБЖД, 2023. 308 с.

GIS-ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ТА ЦИФРОВИЙ ПАСПОРТ ПОЖЕЖНИХ ГІДРАНТІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ГОТОВНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Сінко О. В.

Національний університет цивільного захисту України

Актуальність. Готовність зовнішнього протипожежного водопостачання (ЗПВ) у населених пунктах визначається фактичною працездатністю та доступністю пожежних гідрантів. Регламент утримання, обліку та перевірки технічного стану джерел ЗПВ передбачає паспортизацію, ведення журналів і оформлення актів перевірок [1]. Вимоги до параметрів і проектних рішень зовнішніх водопровідних мереж, що забезпечують пожежогасіння, встановлено ДБН [2], а загальні вимоги пожежної безпеки для об'єктів будівництва визначено ДБН [3]. У практиці експлуатації дані про місцезнаходження, стан і водовіддачу гідрантів часто є розрізненими, що збільшує час вибору вододжерела, ускладнює та знижує керованість технічного обслуговування.

Аналіз досліджень і публікацій. У навчальній літературі з протипожежного водопостачання підкреслено, що стійкість водоподачі на пожежогасіння забезпечується поєднанням гідравлічних можливостей мережі та організаційно-експлуатаційних заходів (контроль, відновлення, облік) [5]. Практичні матеріали з проектування та експлуатаційної надійності водопровідних мереж і пожежних гідрантів вказують на важливість системного технічного обслуговування. Водночас законодавчо закріплені принципи національної інфраструктури геопросторових даних створюють нормативну основу для інтеграції відомостей про джерела ЗПВ у сумісні цифрові набори геоданих та їх регламентної актуалізації [4].

Мета роботи. Обґрунтувати GIS-інвентаризацію пожежних гідрантів і структуру цифрового паспорта, узгодженого з чинними формами обліку та перевірок [1], для підвищення керованості готовності ЗПВ і підтримки прийняття рішень під час реагування.

Матеріали і методи. Запропоновано геоінформаційну модель у вигляді точкового шару «Гідранти» з унікальним ідентифікатором та атрибутами, що відображають: технічні характеристики (тип і DN), категорію технічного стану, результати останньої перевірки (акт/дата/результат), контрольні показники тиску/водовіддачі, відомості щодо доступності під'їзду. Атрибути паспорта узгоджено з вимогами щодо утримання і перевірок [1], проектування мереж [2], загальних вимог пожежної безпеки [3] та принципами цифрової сумісності й актуалізації геопросторових даних [4]. Посилання на умовний приклад GIS-карти наведено на рис. 1.

Результати дослідження. Обґрунтовано мінімально достатню структуру цифрового паспорта пожежного гідранта для оперативного застосування та управління готовністю ЗПВ. Запропоновано фіксувати категорію стану «справний/обмежено працездатний/несправний» із зазначенням дефектів [1], а також зберігати історію подій (перевірка, ремонт, повторна перевірка) та фотодокументування. Для планування відновлювальних робіт рекомендовано ранжувати гідранти за поєднанням трьох груп критеріїв: технічна справність, підтверджені контрольні параметри (тиск/водовіддачі) та доступність під'їзду [2, 5].

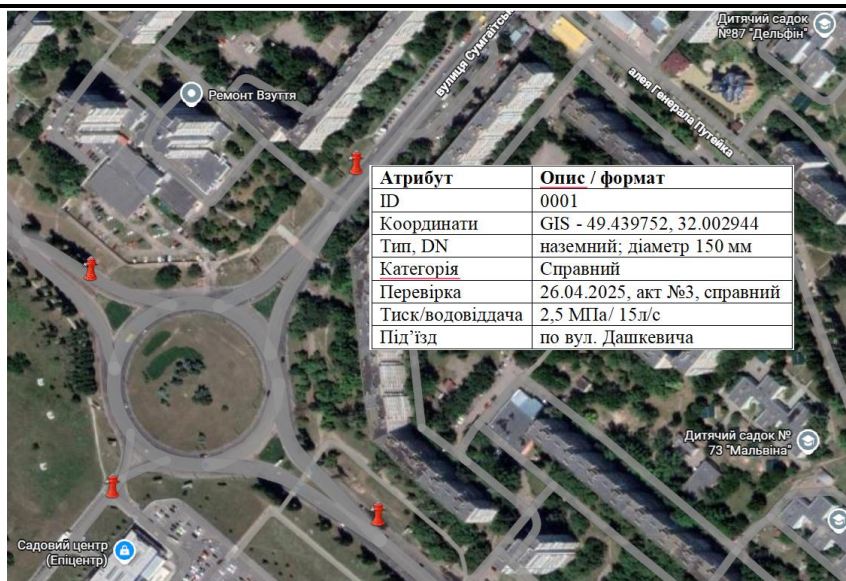


Рисунок 1 – Умовний приклад GIS-карти з позначеним пожежним гідрантом (скріншот)

Таблиця 1 – Мінімальний набір атрибутів цифрового паспорта пожежного гідранта

Група даних	Атрибут	Опис / формат	Джерело
Ідентифікація	ID	Унікальний код запису	[4]
Локалізація	Координати	Точка GIS	[4]
Характеристики	Тип, DN	Підземний/наземний; діаметр	[2]
Стан	Категорія	Справний/обмеж./несправний	[1]
Контроль	Перевірка	Дата, акт, результат	[1]
Гідравліка	Тиск/водовіддача	Контрольні значення	[2]
Доступність	Під'їзд	Перешкоди/сезонність/примітки	[3]

Висновки. GIS-інвентаризація та цифровий паспорт пожежних гідрантів забезпечують перехід від розрізненого обліку до керованого моніторингу готовності ЗПВ з урахуванням регламентних перевірок [1] та нормативних вимог [2, 3]. Інтеграція відомостей у геопросторовий набір даних підвищує актуальність і доступність інформації для планування та реагування відповідно до принципів НІГД [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Інструкції про порядок утримання, обліку та перевірки технічного стану джерел зовнішнього протипожежного водопостачання : наказ МВС України від 15.06.2015 № 696. База даних «Законодавство України». Верховна Рада України.
2. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування (зі Зміною № 1).
3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
4. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. База даних «Законодавство України». Верховна Рада України.
5. Петухова О. А., Андронов В. А., Горносталь С. А., Черепаха Р. Е. Протипожежне водопостачання: підручник. Харків : НУЦЗУ, 2022.

ПІДГОТОВКА ДОБРОВОЇЛЬНИХ ПОЖЕЖНИХ ФОРМУВАНЬ ДО РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ У РОЛІ ОСНОВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

*Судніцин Ю. Т.,
Масловська Г. О.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

В умовах повномасштабної збройної агресії РФ навантаження на систему цивільного захисту України досягло критичного рівня. Масовані ракетні та дроніві атаки призводять до масштабних руйнувань об'єктів критичної інфраструктури, у зв'язку з чим основні сили та засоби Оперативно-рятувальної служби ДСНС України змушені зосереджуватися на ліквідації наслідків таких уражень. Виконання цих завдань потребує максимальної професійної підготовки особового складу, значних ресурсів і часу, що об'єктивно обмежує можливості оперативного реагування на пожежі та надзвичайні ситуації в населених пунктах.

За умов віддаленості окремих територіальних громад і тривалого часу прибуття професійних підрозділів пожежі в житловому секторі та на об'єктах місцевої інфраструктури можуть переходити у стадію неконтрольованого розвитку ще до прибуття сил ДСНС. У такій ситуації особливого значення набуває діяльність добровільних пожежних формувань, які часто є першими реагувальниками на місцях. Добровольці, об'єднані ідеєю взаємодопомоги та забезпечення безпеки громади [1], відіграють ключову роль у стримуванні поширення пожеж, проведенні первинних рятувальних заходів та мінімізації наслідків надзвичайних подій. Водночас ефективність діяльності добровільних пожежних формувань безпосередньо залежить від рівня їхньої професійної підготовки, наявності сучасних знань, практичних навичок і дотримання вимог безпеки. Слід також враховувати, що світові тенденції у сфері пожежної безпеки характеризуються динамічним розвитком методів пожежогасіння та рятування людей, активним впровадженням інноваційних технологій, тактичних рішень і сучасних стандартів у діяльність державних і професійних підрозділів. Натомість у секторі добровільних пожежних формувань ці процеси відбуваються значно повільніше, що призводить до розриву у рівні підготовки та можливостей реагування. Подолання такої диспропорції потребує цілеспрямованих управлінських рішень, оновлення навчальних програм і системної інтеграції кращого міжнародного досвіду у підготовку добровольців.

Окремої уваги потребує низка недоліків та проблемних аспектів, характерних для діяльності добровільних пожежників, які залучаються до реагування на надзвичайні ситуації. Головною причиною, яка потребує нашого першочергового розгляду, є обмежений досвід добровольців при реагуванні у складних умовах. Аналізуючи статистичні дані на прикладі Львівської області, у 2025 році підрозділи добровільної та місцевої пожежних команд здійснили 2406 виїздів, з них 1277 випадків залучення до гасіння пожеж. До того, під час аналізу виявлено значну кількість залучення на заняття з спеціальної підготовки та перевірок боєздатності, що свідчить про можливість проведення занять [2]. Для покращення навичок необхідно впровадити системні методики підготовки. Як основу ми пропонуємо розглянути досвід професійних пожежних підрозділів, які використовують перевірені часом підходи для вдосконалення своїх навичок, наприклад: методики первинної розвідки пожежі (BE-SAHF, «розвідка 360°»); методики роботи пожежно-технічним обладнанням та оснащенням; методики оперування вогнегасними струменнями та пошуку потерпілих; навички керування газовими потоками на пожежі (тактична вентиляція) [4, 5].

Звісно, ці методики є базою для професійних рятувальників, однак саме вони складають фундамент безпеки під час робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій. Для людей, які не працюють у сфері безпеки професійно, критично важливо пройти таку

підготовку та опанувати необхідні навички. Це не лише підвищить ефективність допомоги, а й виступить вирішальним фактором особистої безпеки для працівників добровільних пожежних команд.

З огляду на умови повномасштабної агресії та активну підтримку з боку зарубіжних партнерів, доцільним є впровадження міжнародних підходів у систему профільної підготовки фахівців добровільних пожежних команд, що дозволить суттєво підвищити ефективність їхньої подальшої діяльності. Підготовку добровольців варто здійснювати не лише відповідно до національних стандартів, а й із інтеграцією методик, запозичених із міжнародного досвіду [3]. Таке поєднання сприятиме підвищенню якості та результативності навчального процесу. Зокрема, доцільним є вивчення та практичне застосування методів гідравлічної вентиляції задимлених приміщень, яка використовується для контрольованого видалення продуктів горіння та керування напрямками повітряних потоків з метою покращення газообміну й підвищення рівня безпеки як постраждалих, так і пожежників [5].

Задля впровадження зарубіжного досвіду, насамперед нам важливо налагодити міжнародну співпрацю у сфері роботи ДПК з провідними країнами світу, наприклад Німеччиною, США, Грецією та Японією. Рятувальники цих країн відвідують колег, проходять спільні тренування та відпрацьовують імітаційні ситуації, щоб покращити свої знання та навички. Проте найголовніше – це спілкування та отримання нової інформації, що дозволяє інтегрувати цікаві та сучасні методи реагування у нас [7]. Сучасний міжнародний досвід підготовки рятувальників реалізується через низку спеціалізованих платформ та програм [6], що забезпечують системний підхід до навчання

Враховуючи викладене, можна стверджувати, що трансформація добровільних пожежних формувань у дієві самостійні підрозділи можлива лише за умови поєднання унікального практичного досвіду України, здобутого в умовах воєнних викликів, із найкращими світовими практиками. Запровадження системних методик у поєднанні з активною участю в міжнародних професійних платформах забезпечить не лише зростання фахової компетентності добровольців, а й суттєве підвищення рівня їхньої особистої безпеки. Інтеграція у міжнародний безпековий простір створює передумови для перетворення українських ДПК з допоміжних структур на високотехнологічні підрозділи, здатні оперативно реагувати на сучасні загрози та ефективно зберігати життя людей і критичну інфраструктуру громад.

ЛІТЕРАТУРА

1. Що це – ДПК? | Вогнеборці. URL: <https://vogneborci.in.ua/shho-cze-dpk/>
2. Оперативна інформація | Головне управління ДСНС України у Львівській області. URL: <https://lv.dsns.gov.ua/operational-information/dovidka-za-dobu>
3. Судніцин Ю. Т., Коваль І. С. Необхідність інтеграції міжнародного досвіду в систему освіти ДСНС України: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми забезпечення державної безпеки». Київ: Київський інститут Національної гвардії України, 2025. С. 748–750.
4. Шимон Кокот-Гура. Посібник «Гасіння внутрішніх пожеж» / переклад з пол. Володимира Дубасюка. Львів, 2022. 319 с.
5. Шимон Кокот-Гура. Вентилятори і вентиляція у пожежній охороні. / переклад з пол. Володимира Дубасюка. Львів : «SUPRON1», 2020. 72 с.
6. Коваль І. С. Формування готовності майбутніх фахівців служби цивільного захисту до неперервного саморозвитку: монографія. Львів: ЛДУБЖД, 2025. 486 с.
7. Enhancing Global Firefighting Through International Collaboration | National Volunteer Fire Council. URL: <https://www.nvfc.org/enhancing-global-firefighting-through-international-collaboration/>

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЯК СКЛADOVA ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Товарянський В. І., к.т.н., доцент,

Міщаненко Є. А.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Управління силами і засобами в органах та підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій становить важливий механізм, метою якого є забезпечення державної політики у сфері цивільного захисту у мирний час та період воєнного стану [1]. З початку повномасштабного вторгнення військ країни-агресора на територію України ресурсні можливості ДСНС України, а також підходи до управління ними та їх раціонального використання під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, зазнають суттєвих змін і постійно адаптуються до сучасних умов. Не є винятком і питання реалізації матеріально-технічного забезпечення та логістики в контексті реагування пожежно-рятувальних підрозділів на надзвичайні ситуації, що спричинюють проблему недостатньо своєчасного, повного й ефективного управління постачанням протипожежної, аварійно-рятувальної техніки, обладнання, пально-мастильних матеріалів та комплектуючих, формування їх необхідних запасів, а також забезпечення належних умов зберігання [2]. Зазначені вище аспекти зумовлюють необхідність розроблення заходів, спрямованих на удосконалення системи логістичного управління як складової забезпечення ефективності реагування на надзвичайні ситуації та інші події в умовах воєнного стану.

З метою підвищення ефективності управління силами й засобами та ресурсним забезпеченням у процесі реагування на надзвичайні ситуації запропоновано удосконалену систему логістичного управління, яка інтегрує сукупність логістичних функцій і операцій.

Система логістичного управління включає підсистему постачання та підсистему розподілу. Матеріальні потоки в межах підсистем формуються з урахуванням характеру події, її масштабів та тривалості розвитку, рівня загроз та територіальних особливостей (зокрема прифронтових регіонів). Їх структура визначається потребами пожежно-рятувальних підрозділів, населення та об'єктів критичної інфраструктури і охоплює сукупність ресурсів, необхідних для забезпечення безперервності ліквідації пожеж, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт. Значимість мультимодального транспортування в підсистемах логістичного управління під час ліквідації надзвичайних ситуацій значною мірою визначається раціональним поєднанням різних видів транспорту, зокрема автомобільного та залізничного, що дає змогу забезпечити безперервність матеріальних потоків за умов обмежень воєнного стану, порушення інфраструктури та динамічної зміни обстановки. Водночас доцільним є використання безпілотних авіаційних комплексів (або БпЛА) для виконання окремих логістичних завдань, насамперед у прифронтових регіонах. Інформаційна підтримка інтегрує всі області системи логістичного управління, забезпечуючи своєчасний обмін даними, обґрунтованість управлінських рішень і зворотний зв'язок, формуючи інформаційні потоки.

Схему запропонованої системи логістичного управління ресурсами під час реагування на надзвичайні ситуації зображено на рис. 1.

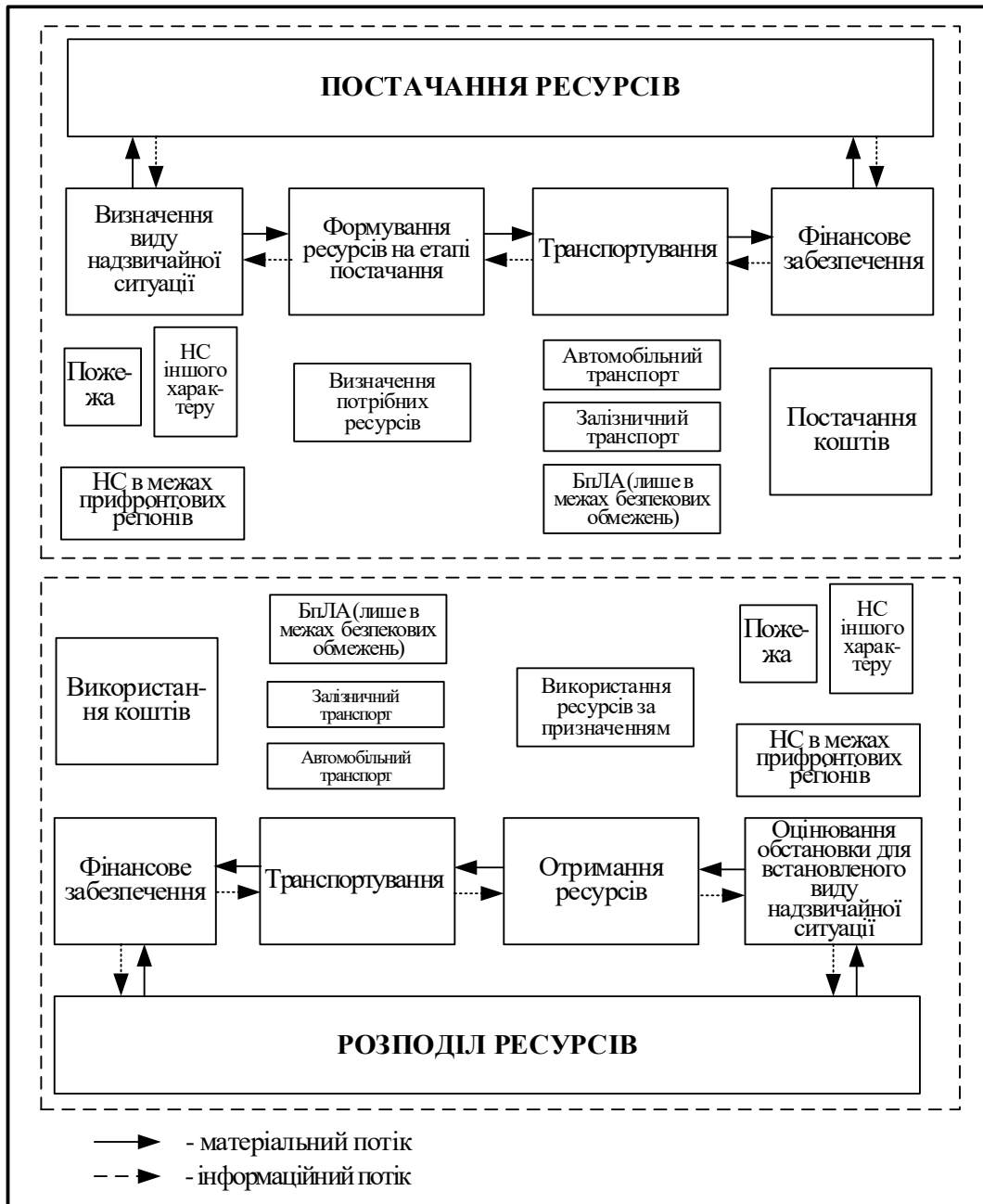


Рисунок 1 – Запропонована схема системи логістичного управління під час реагування на надзвичайні ситуації

Запропонована схема може набувати гнучкості за рахунок інтеграції до її складу додаткових функцій та використовуватися для реалізації заходів в практичній діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту : Постанова Кабінету Міністрів України № 11 від 09.01.2014 року (зі змінами від 11.04.2025 року).
2. Коваль М. С., Бондар Д. В. та ін. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: навч. посіб. Львів: ЛДУБЖД, 2023. 308 с.

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО ТА БЕЗПЕЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

*Толкунов І. О.¹, к.т.н., доцент,
Невлюдов І. Ш.², д.т.н., професор,
Янушкевич Д. А.², к.т.н., с.н.с.,
Носик Р. О.¹*

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Харківський національний університет радіоелектроніки

В умовах збройних конфліктів, гуманітарних операцій та розширення практики гуманітарного розмінування підвищення ефективності та безпеки робіт зі знищення вибухонебезпечних предметів (ВНП) стає першочерговим завданням державної політики у сфері безпеки, цивільного захисту та відновлення територій [1]. Сучасні технології спрямовані на мінімізацію ризиків для саперів та персоналу, які залучаються до робіт з розмінування і нейтралізації вибухових загроз. Пріоритетними стають рішення, що забезпечують дистанційність виконання операцій, підвищення точності ідентифікації об'єктів, зниження впливу людського фактору та інтеграцію систем моніторингу в єдину інформаційну інфраструктуру управління [2]. Разом із тим, навіть широке впровадження роботизованих систем не усуває необхідності наукового, в тому числі і математичного, обґрунтування вибору технічних засобів, оптимізації режимів їх застосування та кількісної оцінки ризиків. Тому особливої актуальності набуває розроблення математичних моделей оцінювання ефективності та безпеки робіт, які дозволяють: формалізувати вплив різнорідних факторів; прогнозувати ризики для персоналу; обґрунтовувати управлінські рішення щодо вибору способів знищення ВНП.

Так модель визначення коефіцієнта небезпечності ділянки призначена для комплексної оцінки умов, у яких проводяться роботи зі знешкодження та знищення ВНП. Вона враховує множину факторів, що характеризують мінно-вибухове забруднення, фізико-географічні умови та особливості розташування об'єктів інфраструктури.

$$K_j = \sum_{k=1}^s a_k f_{k,j}(x_1, x_2, \dots, x_p), \quad (1)$$

де K_j – коефіцієнт безпеки j -тої ділянки; k – номер фактору безпеки ($k = 1 \dots s$);
 s – кількість факторів безпеки; a_k – ваговий коефіцієнт k -того фактору ($\sum_{k=1}^s a_k = 1$);
 $f_{k,j}$ – функція k -того фактору для j -тої ділянки; $x_1 \dots x_p$ – параметри середовища (грунт, рельєф, щільність ВНП тощо).

Для забезпечення порівнюваності результатів значення функції визначається в межах: $[0 \leq f_{k,j} \leq 1]$, де $f_{k,j} = 0$ – відсутність впливу фактора; $f_{k,j} = 1$ – максимальний рівень негативного впливу.

З аналітичної точки зору функція $f_{k,j}$ може бути представлена у формі наступного виразу:

$$f_{k,j} = \sum_{p=1}^m a_{k,p} \cdot \phi_p(x_{k,j}^{(p)}), \quad (3)$$

де $x_{k,j}^{(p)}$ – значення p -го параметра k -го фактора на j -тій ділянці; $\phi_p(x)$ – нормувальна або нелінійна перетворююча функція; $a_{k,p}$ – ваговий коефіцієнт значущості параметра.

На рис. 1 показано графічну інтерпретацію функції $f_{k,j}$ у вигляді комбінованого графіка зі стохастичними відхиленнями (які враховують похибки при вимірюваннях, результати експертних оцінок, неоднорідність реальної місцевості, вплив неформалізованих факторів тощо) як залежність значення часткової функції небезпеки від нормованого параметра $x_{k,j} \in [0;1]$.

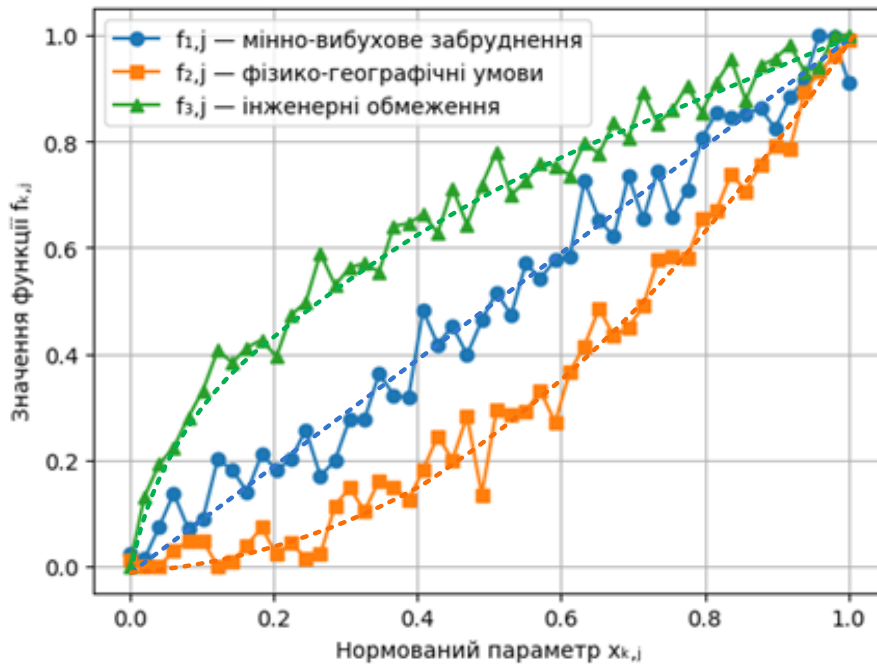


Рисунок 1 – Емпірична залежність значень часткових функцій небезпеки $f_{k,j}$ від нормованих параметрів факторів

Отже, застосування функцій $f_{k,j}$ дозволяє адаптувати модель до різних типів територій та рівнів деталізації вхідних даних. Нормування вагових коефіцієнтів забезпечує порівнюваність оцінок між різними ділянками. З практичної точки зору функція $f_{k,j}$ може застосуватися для вирішення наступних завдань: при розрахунку інтегрального коефіцієнта небезпеки ділянки; для ранжирування територій за складністю робіт; у моделях розподілу ресурсів і вибору засобів знищення ВМП; як вхідна змінна у прогнозних та імітаційних моделях.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8820:2023 Протимінна діяльність. Процеси управління. Основні положення. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023.
2. Невлюдов І. Ш., Янушкевич Д. А., Толкунов І. О. та ін. Обґрунтування необхідності створення робото-технічних комплексів для гуманітарного розмінування. Збірник наукових праць Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 2(38). С. 17–38.

ПЕРСОНАЛІЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКА

Тригуб В. В., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах складність завдань управління при ліквідації пожеж та надзвичайних ситуаціях (НС) лише зростає. Зростає інформаційне навантаження на осіб, які керують гасінням пожеж та ліквідацією НС, посилюються нормативні показники ліквідації пожеж та НС. Розвиток інформаційних та комунікаційних технологій відкриває нові можливості для оперативних служб ДСНС України.

Процес ефективної боротьби з пожежами включає комплекс робіт у непридатному для дихання середовищі (НДС), який обмежений часом захисної дії дихального апарату (ДА), тому учасники гасіння пожежі потребують постійного управління безпекою. Сьогодні важко уявити процес пожежогасіння без використання засобів індивідуального захисту органів дихання та зору. Пожежні на гіркому досвіді оцінили небезпеку пожеж та реальні прояви його небезпечних факторів: токсичних продуктів горіння (дим), підвищеної температури навколишнього середовища, зниженої концентрації кисню, тощо [1].

Запропонований персоналізований пристрій інформаційної підтримки призначений для управління безпекою та ухвалення управлінських рішень на індивідуальному (персоналізованому) рівні. Пристрій функціонує спільно з дихальними апаратами, обладнаними системою дистанційного моніторингу параметрів безпеки газодимозахисника, яка може бути застосована під час роботи ланок газодимозахисної служби на пожежах у складних умовах. Як правило, системи дистанційного моніторингу виступають у ролі забезпечення персональної системи безпеки газодимозахисників, наприклад, мають «тривожну кнопку», сигналізацію (звукове сповіщення, світлове оповіщення) [2].

Пристрій призначений для спільного використання з дихальним апаратом, на якому розміщена система визначення та індикації тиску, що містить блок збору та передачі даних, виконаний з можливістю взаємодії бездротовими каналами зв'язку з системою визначення та індикації тиску, індикатор інформації, містить корпус з елементом кріплення на зап'ястя користувача у вигляді браслета, в якому встановлена друкована плата, на якій розміщені процесор з інтегрованою персональною математичною моделлю витрати дихальних ресурсів користувача, який з'єднаний з блоком живлення, блоком збору-передачі даних і з індикатором інформації. Зовнішній вигляд пристрою представлений на рис. 1, де 1 – корпус пристрою; 2 – елемент кріплення на зап'ястя користувача у вигляді браслета; 3 – індикатор інформації у вигляді екрана.

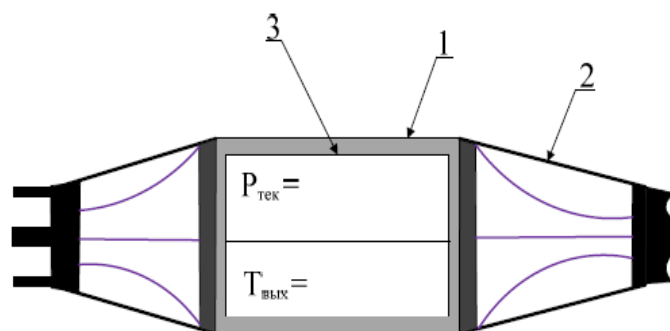


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд персоналізованого пристрою інформаційної підтримки

Пристрій працює наступним чином: попередньо в процесор пристрою інтегрують математичну модель витрати дихальних ресурсів користувача. Використання персональної математичної моделі витрати дихальних ресурсів користувача дозволяє максимально врахувати всі ризики ймовірності настання деструктивних подій для виконання умов безпеки робіт у НДС в обмеженні часових ресурсів. Персональна математична модель побудована на основі ймовірнісного методу моделювання витрати дихальних ресурсів з використанням результатів спостереження за реальними значеннями витрати дихальних ресурсів під час роботи користувача у ДА. Зазначений метод дозволяє отримати необхідні параметри нормального розподілу, а також визначити рівень ризику настання деструктивної події, що враховує безліч факторів, які впливають на роботу у НДС. Наявність і суттєвий вплив випадковості дозволяє коригувати результати моделювання на основі спостережень за процесом, який моделюється в режимі реального часу.

Користувач закріплює пристрій інформаційної підтримки на руці поверх захисного одягу в області зап'ястя. Таке розміщення пристрою надає користувачеві можливість постійного контролю інформації на екрані пристрою. Сигнали від системи визначення та індикації тиску надходять каналами бездротового зв'язку (радіоканал, wi-fi з'єднаннями) до блоку збору-передачі даних, в якому формується інформаційна база даних про поточні значення контрольованих параметрів безпеки (запас повітря, час роботи) при виконанні комплексу робіт. Далі оброблена інформація надходить у процесор, у якому за допомогою ймовірнісної моделі в режимі реального часу розраховують значення контрольованих параметрів безпеки:

- поточне значення тиску повітря, яке залишилося в балоні дихального апарату;
- прогнозне значення інтервалу часу до подачі команди «на вихід із непридатного для дихання середовища»;
- локальний та інтегральний рівень ризику виконання робіт.

Моніторинг поточного значення тиску повітря, яке залишилося в балоні ДА дозволяє керувати та коригувати дії з урахуванням специфіки витрати дихальних ресурсів, що підвищує рівень безпеки при роботі у НДС в умовах, обмежених часовими ресурсами.

Дані з процесора надходять у наглядному та доступному вигляді на екран пристрою. Заплановані та поточні параметри безпеки учасників гасіння пожежі транслюються у вигляді цифрових значень, рівень ризику відображається у зміні колірного фону. Для цього в екран пристрою впроваджено колірний індикатор ризику: зелений колір фону – рівень ризику невдачі у виконанні запланованого обсягу робіт знаходиться в межах вище за прийнятний рівень; жовтий колір – не більше від прийнятного значення до критичного; червоний колір – значення рівня ризику нижче критичного. Автономність роботи пристрою забезпечує блок живлення.

Таким чином, персоналізований пристрій інформаційної підтримки забезпечує підвищення рівня безпеки учасників гасіння пожежі під час роботи у непридатному для дихання середовищі в умовах, обмежених часовими ресурсами.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.
URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138
2. NFPA 1982: Standard on Personal Alert Safety Systems (PASS) 2013 Edition.

ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІСЛЯ УРАЖЕННЯ БПЛА

*Федюк Я. І.,
Доманський Ю. В.*

Львівській державний університет безпеки життєдіяльності

Метою дослідження було визначено, що для удосконалення гасіння пожеж на відомчих об'єктах нафтогазопромислових підприємств та місць зберігання, боєприпасів необхідно створити захист для підрозділів що залучаються на ліквідацію надзвичайних ситуацій пов'язаних з горінням, детонацією та розльотом уламків вибухопожежонебезпечних предметів, розгерметизацією резервуарів. А також отримання повідомлень, про подію щодо їх класифікації (в тому числі за класифікатором ООН), властивості речовин, боєприпасів і методи локалізації надзвичайної ситуації. Це дасть змогу навчати особовий склад діям у разі виникнення загоряння залежно від їх властивостей особливо важливо це в умовах правового режиму воєнного стану.

Забезпечити захист особового складу пожежно – рятувальних підрозділів, що залучаються для гасіння пожеж на відомчих об'єктах.

З початком проведення АТО в нашій державі Центральним науково–дослідним інститутом озброєння та військової техніки Збройних Сил України спільно з Командуванням Сухопутних військ Збройних Сил України та Озброєнням Збройних Сил України проведено дослідні випробування окремих елементів захисту польових складів від ураження вибухонебезпечними предметами, що застосовуються ударними БПЛА супротивника. Акт дослідних випробувань елементів захисту польових складів від ураження вибухонебезпечними предметами, що застосовуються ударними безпілотними літальними апаратами (затверджений начальником Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України від 27.06.2016 року). Однак в методичних рекомендаціях щодо застосування елементів захисту місць зберігання боєзапасу від вибухонебезпечних предметів, які використовуються ударними безпілотними літальними апаратами супротивника, не враховані елементи захисту особового складу який викликається на ліквідацію НС на подібних об'єктах, залучається до гасіння пожеж та очищення території.

Постає питання отримання більш чіткої інформації про небезпеку і засоби ураження, що загорілися в тому числі і в наслідок застосування противником малорозмірних безпілотних літальних апаратів в глибокому тилу, з метою правильного розташуванню СіЗ, визначення вирішального напрямку оперативних дій.

З метою:

- недопущення виникнення пожеж на об'єктах зберігання нафтогазопромислових комплексів, та місць зберігання боєзапасів для потреб ЗСУ;
- довести порядок дій у ході гасіння (залежно від властивостей) під час проведення занять;
- забезпечити захист ОРС ЦЗ під час залучення до гасіння подібних пожеж.

В наслідок вище наведеного пропонується:

1. Облаштувати позиції для гасіння безпосередньо в під'їзді до обвалованих капонірів з елементами захисту аналогічним, що рекомендовані до місць зберігання.
2. Узгодити доведення інформацію про подію на відомчих об'єктах, прийняти за основу існуючу класифікацію про небезпеку яка складається:

Класифікація за ступенем небезпеки

Підклас небезпеки	Група небезпеки	Номер згідно списку ООН	Номер виробів по СНД	Номер аварійної картки	Код екстрених заходів (КЕЗ)	Засоби пожежогасіння
-------------------	-----------------	-------------------------	----------------------	------------------------	-----------------------------	----------------------

Пояснення щодо коду екстрених заходів (КЕЗ):

- 1 – Воду не застосовувати! Застосовувати сухі вогнегасні засоби!
- 2 – Застосовувати водяні струмені!
- 3 – Застосовувати розпилену воду!
- 4 – Застосовувати піну або сполуки на основі хладонів!
- Е – Необхідна евакуація людей!

Пояснення щодо засобів пожежогасіння:

- I – водяні струмені, піна або сполуки на основі хладонів
- II – пісок сухий
- III – засоби гасіння не передбачаються

Температура спалахування виробів:

- Е - +180...290 °С;
- 1Е - +215...600 °С;
- 24Е - +170...300 °С.

Температура плавлення вибухових речовин у виробках:

- Е - +130...140 °С;
- 1Е - +140 °С;
- 24Е - +80...200 °С.

Висновок. Отримання повної інформації про загрозу дасть можливість особовому складу оперативних підрозділів ДСНС України ефективно виконувати оперативні дії з локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій на відомчих об'єктах, а створені позиції забезпечать захист при виконанні завдання, навіть при повторних обстрілах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : наказ ДСНС України від 02.04.2024 № 375
2. Протокол засідання експертної комісії з визначення рівнів та класів надзвичайних ситуацій ДСНС України №3-22 від 24.02.2022 року.
3. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ : ТОВ «Літера-Друк», 2016. 320 с.
4. Акт дослідних випробувань елементів захисту польових складів від ураження вибухонебезпечними предметами, що застосовуються ударними безпілотними літальними апаратами (затверджений начальником Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України від 27.06.2016 року).
5. Про затвердження Керівництва зі зберігання інженерних боєприпасів у ЗС України : наказ НГШ ЗС України від 12.11.2007 № 200.

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЯК МОБІЛЬНИХ РЕТРАНСЛЯТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ

Штангрет Н. О., к.т.н.,

Ковальчук В. І.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У сьогоденні досвід ліквідації наслідків масштабних техногенних катастроф та воєнних руйнувань в Україні підтверджує, що перші 60 хвилин («золота година») є вирішальними для збереження життя потерпілих. Проте саме в цей період рятувальні підрозділи стикаються з повним знищенням наземної телекомунікаційної інфраструктури (веж мобільного зв'язку, оптоволоконних ліній, вузлів спецзв'язку).

Відсутність стійкого каналу передачі даних між оперативним штабом та розвідувальними групами в епіцентрі катастрофи унеможлиблює координацію дій, передачу потокового відео з місця подій та моніторинг стану особового складу. У таких умовах безпілотні авіаційні системи (БАС) виступають не просто засобами спостереження, а ключовими елементами відновлення інформаційного простору, виконуючи роль мобільних повітряних ретрансляторів.

Аналіз технологічних рішень та архітектура мережі. Сучасна концепція побудови зв'язку в зоні надзвичайної ситуації (НС) базується на розгортанні тимчасових повітряних мереж – FANET (Flying Ad-hoc Networks). На відміну від статичних ретрансляторів, БАС-вузли мають високу мобільність та здатність до самоорганізації.

З позиції робототехніки, архітектура такої системи складається з трьох рівнів:

1. Наземний сегмент: Командно-штабний пункт та мобільні групи рятувальників із терміналами зв'язку.

2. Повітряний сегмент (ретранслятори): БПЛА мультироторного або літакового типу, оснащені модулями SDR (Software Defined Radio), що дозволяють програмно налаштуватися на потрібні частотні діапазони (VHF/UHF, LTE, Wi-Fi 6E).

3. Магістральний канал: Інтеграція повітряного вузла із супутниковими системами (наприклад, Starlink або його аналоги), що забезпечує вихід у глобальну мережу навіть за повної ізоляції району катастрофи.

При ліквідації наслідків аварій на хімічно небезпечних об'єктах або об'єктах атомної енергетики, використання людського ресурсу для розгортання зв'язку в епіцентрі є обмеженим через радіаційні або токсичні ризики. БАС-ретранслятори вирішують цю проблему шляхом дистанційного позиціонування.

Алгоритм реагування передбачає наступні етапи:

Етап 1. Оперативна розвідка: Дрони-розвідники визначають межі небезпечної зони та рельєф місцевості для вибору оптимальних точок ретрансляції.

Етап 2. Розгортання «повітряного мосту»: Вихід БПЛА-ретранслятора у визначений сектор. Використання спрямованих антен дозволяє сконцентрувати сигнал безпосередньо на ділянці роботи рятувальних груп, ігноруючи перешкоди від завалів чи особливостей ландшафту.

Етап 3. Інтероперабельність: Програмне забезпечення БПЛА виконує роль шлюзу, що дозволяє об'єднувати в єдину мережу цифрові радіостанції стандартів DMR/P25, якими користуються різні служби (ДСНС, НПУ, екстрена медицина), що критично важливо для міжвідомчої взаємодії.

Застосування безпілотних авіаційних систем як мобільних ретрансляторів зв'язку є стратегічним напрямком розвитку технічного забезпечення підрозділів реагування на надзвичайні ситуації. Як викладачі кафедри БПЛА та робототехніки, ми наголошуємо на необхідності інтеграції спеціалізованих навчальних курсів для операторів ДСНС, які включатимуть не лише навички пілотування, а й основи мережевого адміністрування та радіоінженерії. Майбутнє ліквідації катастроф – у синергії людського досвіду та автономних високотехнологічних платформ, які здатні діяти там, де фізичні можливості людини вичерпані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МО України № № 401 від 10.08.2018 «Про затвердження Правил технічної експлуатації безпілотних авіаційних комплексів I класу державної авіації України».

ПОВІДОМЛЕННЯ ОПЕРАТИВНО-ЧЕРГОВИХ СЛУЖБ ДСНС ПРО ЗАГРОЗУ АБО ВИНИКНЕННЯ НС

*Щербак С. М., к.т.н., доцент
Національний університет цивільного захисту України*

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій (НС) – це система заходів для своєчасного доведення інформації до населення та органів управління через оперативно-чергові служби (ОЧС) ДСНС.

За рівнями системи оповіщення поділяються на загальнодержавну автоматизовану систему централізованого оповіщення, територіальні автоматизовані системи централізованого оповіщення, місцеві автоматизовані системи централізованого оповіщення, а також спеціальні, локальні та об'єктові системи оповіщення.

Методичне керівництво щодо створення та функціонування систем оповіщення всіх рівнів здійснюється ДСНС.

Загальнодержавна автоматизована система централізованого оповіщення функціонує на загальнодержавному рівні для оповіщення в автоматизованому режимі центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів управління ДСНС та забезпечує доведення сигналів про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій загальнодержавного рівня та інформації з питань цивільного захисту.

Оповіщення та інформування центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів управління ДСНС про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій здійснюється ДСНС через відповідну оперативно-чергову службу з використанням загальнодержавної автоматизованої системи централізованого оповіщення та системи автоматизованого виклику.

Утримання, реконструкція та підтримання у постійній готовності до використання за призначенням загальнодержавної автоматизованої системи централізованого оповіщення здійснюється ДСНС.

Реконструкція територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення здійснюється відповідно до законодавства на підставі рішень місцевих органів виконавчої влади та за погодженням з ДСНС.

Утримання, реконструкція та забезпечення постійної готовності до дій за призначенням територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення здійснюються місцевими органами виконавчої влади.

Територіальні автоматизовані системи централізованого оповіщення передбачають взаємодію із загальнодержавною автоматизованою системою централізованого оповіщення, а також місцевими автоматизованими системами централізованого оповіщення, локальними, спеціальними і об'єктовими системами оповіщення та забезпечують централізоване (повне або вибіркоче) включення відповідних місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення.

Місцеві автоматизовані системи централізованого оповіщення функціонують у районах, містах обласного значення та інших відповідних адміністративно-територіальних одиницях (у тому числі об'єднаних територіальних громадах) для забезпечення прийому сигналів і повідомлень від відповідної територіальної автоматизованої системи централізованого оповіщення та здійснення оповіщення відповідних органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, підприємств, де функціонують спеціальні, локальні або об'єктові системи оповіщення, установ, організацій, місць масового перебування людей, сил цивільного захисту та населення у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій.

Проектування та реконструкція місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення здійснюються згідно із законодавством на підставі рішень місцевих органів виконавчої влади (органів місцевого самоврядування) за погодженням з територіальним органом ДСНС.

Утримання, реконструкція та забезпечення постійної готовності до дій за призначенням місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення здійснюються місцевими органами виконавчої влади (органами місцевого самоврядування).

Місцеві автоматизовані системи централізованого оповіщення передбачають взаємодію з відповідною територіальною автоматизованою системою централізованого оповіщення та відповідними локальними, спеціальними і об'єктовими системами оповіщення.

Місцеві органи виконавчої влади (органи місцевого самоврядування) використовують системи автоматизованого виклику для інформування (виклику) осіб керівного складу, координаційних органів територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту, аварійно-рятувальних служб. Системи автоматизованого виклику забезпечують передачу необхідної інформації (мовних або текстових повідомлень).

Спеціальні системи оповіщення створюються і функціонують:

на атомних електростанціях;

на гідротехнічних спорудах Дніпровського та Дністровського каскадів та в зонах їх можливого катастрофічного затоплення;

на магістральних продуктопроводах.

Спеціальні системи оповіщення передбачають взаємодію з відповідними територіальними та місцевими автоматизованими системами централізованого оповіщення.

Проектування, створення (реконструкція) та забезпечення функціонування спеціальної системи оповіщення здійснюються на підставі рішення керівника об'єкта з її обов'язковою інтеграцією до відповідних територіальних та місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення.

До складу локальних систем оповіщення входять пристрої для звуко- і відеовідтворення інформації та інші технічні засоби, у тому числі абонентські радіоточки, вуличні гучномовні пристрої (сигнально-гучномовні пристрої), пристрої для запуску електросирен і електросирени, системи автоматизованого виклику та інші технічні засоби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України № 5403-VI. 2012.
2. Про основні засади державної політики у сфері утвердження української національної та громадянської ідентичності : Закон України. 2022.

ANALYTICAL METHOD OF CALCULATING THE CHANGE IN CARBON DIOXIDE CONCENTRATION DURING THE INTERACTION OF A HUMAN MODEL AND A SUPPLY AND EXHAUST VENTILATION SYSTEM

*Isaiev V. F.¹,
Gridasov A. Yu.²,
Buznyk R.¹*

¹*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture,*

²*Municipal institution "Reserve Points of the Civil Protection Department of the Odessa City Council"*

1. Introduction. Ensuring acceptable indoor air quality (IAQ), primarily through the control of carbon dioxide (CO₂) as a key marker of human bio-effluents and ventilation effectiveness, is a critical task in the design of building environmental systems. The space under consideration is an isolated room equipped with a mechanical supply and exhaust ventilation system and containing human models that simulate respiratory activity, releasing a defined volume of air with a specific CO₂ mass per cycle. The concentration of CO₂ in the working and breathing zones is regulated by normative documents, such as those in Ukraine, which stipulate permissible levels typically within 400–600 ppm for prolonged occupancy.

The complexity of the system arises from the dynamic interaction between the contaminant source (human respiration), the ventilation system's air distribution, and the resulting spatial-temporal concentration fields. While computational fluid dynamics (CFD) provides detailed insights, it is computationally intensive for iterative design tasks. Therefore, the development of robust, physics-based analytical methods for rapid prediction of CO₂ concentration dynamics remains an urgent and practical engineering challenge. This paper addresses this gap by presenting a novel analytical methodology and validating it against high-fidelity CFD simulations.

2. Research Objectives and Tasks. The primary aim of this study is to develop an analytical method for calculating the complex, time-dependent interaction within the system: "human model – supply and exhaust ventilation" with respect to CO₂ concentration changes.

To achieve this aim, the following tasks were solved:

1. To formulate a material balance equation for CO₂ mass in the control volume (the room), accounting for all source and sink terms.
2. To transform the balance equation into a solvable first-order linear differential equation with respect to CO₂ concentration (C, in ppm).
3. To derive an analytical solution for the concentration as a function of time, C(t).
4. To implement the derived formulas for three different air exchange schemes (A, B, C).
5. To perform verification of the analytical results by comparing them with data from numerical CFD modelling in ANSYS.
6. To analyze the convergence of results and formulate practical recommendations for engineering applications.

3. Methodology: Development of the Analytical Model.

3.1. System Description and Initial Data. The object of research is a model room with fixed dimensions. The ventilation system operates with defined supply (L_{in}) and exhaust (L_{out}) flow rates. The human model is characterized by respiratory parameters: breathing frequency, tidal volume, and the CO₂ content in exhaled air. The initial condition assumes a uniformly contaminated room with a CO₂ concentration of 2100 ppm.

3.2. Derivation of the Governing Equation. The core of the method is the law of conservation of mass applied to CO₂ within the room volume (V). The general material balance equation is:

$$\frac{dM}{dt} = \text{Tributary } CO_2 - \text{Decline } CO_2 + \text{Source } CO_2 \text{ from people,}$$

where M is the total mass of CO₂ in the room (grams).

Converting this equation to work with concentration C (ppm) and considering the specific processes yields:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{Q}{V}(C_{supply} - C) + \frac{G_{CO_2} N}{V \rho_{air}}$$

Q supply air flow rate (m³/s); V – room volume (m³); C_{supply} – CO₂ concentration in atmospheric supply air (ppm); n – number of people (human models); G_{CO₂} – mass of CO₂ exhaled per breath per person (g); ρ_{air} – air density (g/m³)

3.3. Analytical Solution. The equation is reduced to a standard first-order linear form:

$$\frac{dC}{dt} + \frac{Q}{V}C = \frac{Q}{V}C_{supply} + \frac{G_{CO_2} N}{V \rho_{air}}$$

Using the integrating factor method, the solution satisfying the initial condition C(0)=C₀ is:

$$C_0 = 350 + 1750e^{-0.1667t} \tag{1}$$

This final expression allows for the direct calculation of the average room CO₂ concentration at any time t.

4. CFD Validation Approach. For verification, a 3D ANSYS CFD model solved steady-state RANS equations with species transport for CO₂. The domain replicated the model room with human geometry. Boundary conditions matched the analytical model. Simulations covered three air exchange schemes: Scheme A: supply from above, exhaust from below; Scheme B: supply and exhaust from above; Scheme C: supply from above, exhaust from two zones (above and below).

Results were extracted at four horizontal planes (supply inlet, working area, breathing zone, exhaust zone) 540 seconds after ventilation start.

5. Results and Comparative Analysis

5.1. Concentration Dynamics.

Using Eq. (1), CO₂ concentration decreases exponentially from 2100 ppm toward a steady-state value. CFD results show spatial variation but confirm the same temporal trend. After 9 minutes, concentrations across all analyzed planes and schemes fall within 684–864 ppm, meeting normative targets (400–600 ppm for prolonged occupancy).

5.2. Method Comparison. Table 1 summarizes key comparison points between analytical and CFD results.

Table 1 – Change in carbon dioxide concentration by minutes

Time (min)	Analytical	CFD Scheme A	CFD Scheme B	CFD Scheme C
0	2100	2100	2100	2100
3	1411	1558	1442	1498
6	1111	1080	1006	1014
9	740	786	768	741

5.3. Convergence Assessment. Results demonstrate good qualitative and quantitative convergence. Minor early-time deviations (<15 %) arise from the analytical model’s well-mixed assumption versus CFD’s resolution of local stratification. By 9 minutes, differences become

negligible for engineering purposes. All schemes achieve effective ventilation, with Scheme C showing slightly faster contaminant removal due to dual-zone exhaust.

6. Discussion and Practical Implications. The analytical method shows high reliability validated against high-fidelity CFD. Its computational efficiency makes it valuable for: - Rapid design iterations and sensitivity studies; - Real-time control algorithm development for demand-controlled ventilation; - Preliminary energy optimization balancing air quality and fan power.

The method adequately captures fundamental dilution physics and can be applied for quick, reliable assessment of ventilation efficiency based on CO₂ criteria. It supports normative compliance verification during early design stages without requiring resource-intensive CFD.

7. Conclusions. 1. A analytical method for time-dependent CO₂ concentration calculation in ventilated occupied spaces has been developed based on a solvable material balance equation. 2. Validation against ANSYS CFD for three air exchange schemes confirms good convergence, with final concentrations within 684–864 ppm, meeting regulatory requirements. 3. The methodology is recommended for practical engineering calculations in the design, analysis, and optimization of general ventilation systems, offering an efficient tool for predicting indoor air quality dynamics.

REFERENCES

1. Kiosak, V., Isaiev, V., Fedorenko, V., Gridasov, A. (2024). Modeling the entry of air contaminants into a room Механіка та математичні методи/ Mechanics and mathematical methods VI/2/2024. 8–76. DOI: 10.31650/2618-0650-2024-6-2-58-76.
2. Kiosak, V., Isaiev, V., Fedorenko, V., Gridasov, A. (2024). Change in the state air in the room under the influence of heat, water vapour and CO₂ emitted by the human model and the supply and exhaust ventilation unit. Applied issues of mathematical modelling. 7. 2. DOI: 10.32782/mathematical-modelling/2024-7-2-8.
3. Kiosak, V., Isaiev, V., Fedorenko, V., Gridasov, A., Bankivskyi, M. (2024). Modelling of air exchange "air supply from above removal from above". Ventilation, lighting and heat and gas supply. 50. DOI: 10.32347/2409-2606.2024.50.
4. DBN V.2.5-67:2013 Opalennia, ventyliatsiia ta kondytsionuvannia. Effective from 2014-01-01. Official edition. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2013. 135 p. [in Ukraine].
5. DSTU B EN 15251:2011 Rozrakhunkovi parametry mikroklimatu prymishchen dlia proektuvannia ta otsinky enerhetychnykh kharakterystyk budivel po vidnoshenniu do yakosti povitria, teplovoho komfortu, osviltennia ta akustyky (en 15251:2007, idt). Effective from 2013-01-01. Official edition. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2012. 71 p. [in Ukraine].

СЕКЦІЯ 4

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ

УДК 624.011

РОЗРАХУНОК ПЛИТ З БУДІВЕЛЬНОЇ ФАНЕРИ НА МІЦНІСТЬ ЗСУВУ ШАРІВ

Азізов Т. Н.^{1,2}, д.т.н., професор,

Срібняк Н. М.¹, к.т.н., доцент,

Циганенко Л. А.¹, к.т.н., доцент,

Майстренко О. Ф.², к.т.н., доцент

¹*Сумський національний аграрний університет,*

²*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Використання конструктивної фанера в перекриттях, покриттях та ін. є доволі розповсюдженим через її ефективність завдяки перехресній орієнтації шарів шпону, що надає їй високу жорсткість у площині листа, хорошу тріщиностійкість і технологічність.

У той же час фанера є матеріалом, в якому чітко виражена ортотропність. Практика експлуатації та експериментальні дослідження показують, що міцність на зріз у площинах, паралельних шарам, значно нижча за міцність на згин. Саме ця обставина часто стає визначальною при роботі фанерних плит на згин та кручення, коли в середній зоні товщини виникають дотичні напруження τ_{yz} та τ_{xz} .

Коли фанера використовується як плита, що працює в двох напрямках, в більшості розрахунках використовують теорію тонких плит Кірхгофа-Лява, в тому числі при використанні методу скінчених елементів. Відомо, що при розрахунках за цією теорією згинальні моменти M_x та M_y визначаються достатньо точно, що не можна сказати за крутні моменти M_{xy} , а також поперечні сили Q_x , Q_y . Це відбувається в першу чергу через те, що теорія тонких плит не враховує дотичні напруження τ_{yz} та τ_{xz} , що діють по товщині плит, а враховуються лише дотичні напруження τ_{xy} , що діють в площині плити, що для шаруватих деревних матеріалів призводить до зниження надійності.

Дотичні напруження τ_{yz} можуть бути враховані при моделюванні об'ємними скінченими елементами, але відомо, що такі розрахунки на порядок збільшують кількість невідомих, суттєво ускладнюють як задавання розрахункової схеми, так і її аналіз. Використання ж схеми з плоских скінчених елементів не враховує ці напруження.

Для правильного проектування плит, які працюють в двох напрямках, слід мати дані не тільки нормальних напружень, а й дотичних напружень, максимум яких досягає в середині товщини плити.

Співставлення величини дотичних і нормальних напружень в плитах з конструктивної фанери, що працюють в двох напрямках, з використанням моделі, де застосовані об'ємні скінчені елементи, показало, що на гранях плити, яка обперта по кутах на колони, дотичні напруження τ_{yz} можуть бути більшими за нормальні напруження σ_y і грати вирішальну роль в загальній міцності плити.

Відсутність напружень τ_{yz} по товщині плити в теорії тонких плит можна пояснити не врахуванням напружень від кручення стрижня у вигляді тонкої полоси. Відомо, що при крученні стрижня у вигляді тонкої полоси половина крутного моменту сприймається дотичними напруженнями τ_{xy} , що діють в горизонтальній площині. Друга половина крутного моменту сприймається саме напруженнями τ_{yz} , що діють по товщині полоси і зосереджені на її торцях з експоненціальним зменшенням. З розрахунків за теорією

кручення отримана функція зміни величини дотичних напружень τ_{yz} від грані в глиб полоси:

$$\tau_{yz}(x) = \tau_0 \cdot e^{-\eta \cdot x}, \quad (1)$$

де x – координата від вертикальної грані (торця) полоси в її глиб; τ_0 – максимальні напруження на боковій грані; η – коефіцієнт, що залежить від товщини полоси і для реальних товщин коливається в межах $\eta=(3\div 3.25)/h$; h – товщина полоси. Функція (1) майже не залежить від ширини полоси.

Для спрощеного інженерного розрахунку замість розгляду напружень $\tau_{yz}(x)$ і $\tau_{xz}(y)$ розглянуто погонні напруження вглиб плити, що є інтегралом напружень τ_{yz} та τ_{xz} по товщині плити (по вертикальній осі Z):

$$q_t(x) = \int_0^h \tau_{yz}(x) dz; \quad q_t(y) = \int_0^h \tau_{xz}(y) dz. \quad (2)$$

Розподіл цих погонних напружень аналогічний розподілу (1) і має вигляд:

$$q_{t,y}(x) = q_0 \cdot e^{-\eta \cdot x}; \quad q_{t,x}(y) = q_0 \cdot e^{-\eta \cdot y}. \quad (3)$$

де q_0 – максимальне значення напружень на грані плити (відповідно на грані $X=0$ та $Y=0$).

Алгоритм інженерного розрахунку полягає в наступному. Спочатку визначають погонні напруження q_0 безпосередньо на внутрішній грані колони. Для цього, знаючи розподіл (3) і враховуючи, що ці напруження сильно затухають на відстані d в глиб плити, величину крайових погонних напружень q_0 можна визначити, прирівнявши половину опорної реакції в колоні за мінусом зовнішнього навантаження $F=(R_A - q_{\text{ext}} \cdot h^2)/2$ (де через R_A позначена реакція в колоні, а q_{ext} – рівномірно розподілене зовнішнє навантаження на одиницю площі плити) інтегралу розподілу $q_t(x)$:

$$F = \int_0^d q_0 \cdot e^{-\eta \cdot x} dx = \frac{q_0}{\eta} (1 - e^{-\eta \cdot d}). \quad (4)$$

Для визначення величини q_0 в формулі (4) слід прийняти d таким чином, щоб значення експоненти $e^{-\eta \cdot d}$ складало не більше 0.05 (не більше 5 %), що як правило складає $d \approx h$. Величина $F=(R_A - q_{\text{ext}} \cdot h^2)/2$ прийнята із умови, що реакція в колоні сприймається дотичними напруженнями як зі сторони, паралельній осі y , так і зі сторони, паралельній осі x .

Після визначення q_0 над колоною визначають крайові погонні напруження на гранях плити $q_{0,y}$ та $q_{0,x}$ з спрощеною передумовою, що по довжині грані ці напруження змінюються за законом прямої лінії.

Таким чином, крайові значення погонних напружень $q_{0,y}$ змінюються від максимуму на внутрішній грані колони q_0 до нуля в середині прольоту відповідного напрямку плити за законом прямої лінії. Ця передумова виходить із того, що при симетричному навантаженні в середині прольоту значення поперечних сил та крутних моментів дорівнюють нулю. Крім того, така передумова іде в запас міцності по дотичних напруженнях.

Знаючи значення крайових погонних напружень $q_{0,y}$ (на грані $X=0$) та $q_{0,x}$ (на грані $Y=0$) не важко визначити максимальні значення напруження τ_{yz} (в середині товщини), враховуючи, що ці напруження розподіляються по товщині плити за законом квадратної параболи. Тоді максимальне напруження τ_{yz} в середині товщини плити будуть визначатися за формулою:

$$\tau_{yz,max} = \frac{3 \cdot q_0}{2 \cdot h} \quad (5)$$

Після визначення $\tau_{yz,max}$ (аналогічно і $\tau_{xz,max}$), знаючи максимальні нормальні напруження на грані плити, можна приступати до аналізу міцності плити. Якщо $\tau_{yz,max}$ буде більшим за міцність на зріз в площині листа $f_{v,k}$, при тому, що значення $\sigma_{y,max}$ менші за міцність на згин $f_{m,k}$, то визначальними для міцності плити будуть саме напруження τ_{yz} .

Розрахунок можна спростити, взявши замість розподілу (3) лінійний розподіл погонних напружень $q_{t,y}$ та $q_{t,x}$. Із умови рівноваги на вертикальну вісь Z, значення q_0 будуть:

$$q_0 = \frac{R_A - q_{ext} h^2}{2 \cdot h} \quad (6)$$

Таке спрощення з одного боку зменшує величину q_0 , а з іншого боку залишає незмінною площу епюри дотичних напружень і збільшує їх значення в глиб плити, що з енергетичної точки зору є корисним.

Для прикладу плити, обпертій по кутах з розмірами в плані 3х3 м в перерізі на відстані одразу за внутрішньою гранню колони за формулою (6) отримане значення $q_0=4500$ Н/см. Якщо в схемі з об'ємними скінченими елементами перевести напруження τ_{yz} в погонні напруження q_0 , то це значення складе (при ширині крайнього скінченого елемента 0,5 см) 4140 Н/см, що є задовільним результатом. В той же час поперечна сила Q_x , яка є аналогом q_t і визначена з розрахунку з використанням плоских скінчених елементів за теорією тонких плит, складає лише 900 Н/см, що, як бачимо, набагато відрізняється від реальної поперечної сили. Для інших перерізів дані, розраховані за запропонованою методикою, також добре узгоджується з числовим експериментом.

Методика може бути використаною і для розрахунку панелей CLT для визначення міцності середнього шару на роликівий зсув. Але при цьому слід вводити поправочний коефіцієнт, який враховує різні значення модулів пружності шарів.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЕФЕКТІВ У КОНСТРУКТИВНИХ МАТЕРІАЛАХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

*Бандурян Б. Б.¹, к.ф.-м.н.,
Морозов О. М.², к.ф.-м.н., с.н.с.,
Журба В. І.²,
Колосков В. Ю.³, к.т.н., доцент*

¹Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України,

²ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України,

³Національний університет цивільного захисту України

Інфрачервоні (ІЧ) системи та технології застосовуються у багатьох сферах науки, техніки та стають критично важливими для вирішення актуальних проблем цивільно та спеціального призначення. Однією з найактуальніших задач є діагностика та контроль параметрів конструктивних параметрів енергетичних установок, особливо в ядерній енергетиці. Для вирішення вказаних питань необхідні дослідження мікро- та макродефектів, еволюції дефектної структури та мікроструктури матеріалу на його механічні властивості. Нейтронне опромінення прискорює процеси повзучості, посилює часову залежність міцності, різко знижує деформаційну здатність при помірних та особливо високих температурах, знижує опір корозії. Накопичення певної дози нейтронів викликає радіаційне розпухання [1]. Основні методи аналізу зразків TiO_2 розглянуто в роботі [2].

Дослідження проводилися за допомогою наступних методик:

- вимірювання поверхневого та об'ємного електричного опору;
- визначення розмірів та форми мікродефектів методами просвічуюча електронної мікроскопії;
- визначення фазового складу методом рентгенівського аналізу;
- дослідження спектральних властивостей та ідентифікації дефектів зразків методами ІЧ-спектроскопії.

ІЧ-спектральний аналіз – джерело об'єктивної інформації про мікро- та макрооб'єкти, рівень доступу до якої визначається температурою джерела випромінювання, чутливістю, спектральною роздільною здатністю, досконалістю вимірювально-обчислювальної системи [3, 4].

Метою дослідження є пошук кореляції між електрофізичними та оптичними параметрами конструктивних елементів енергетичних установок.

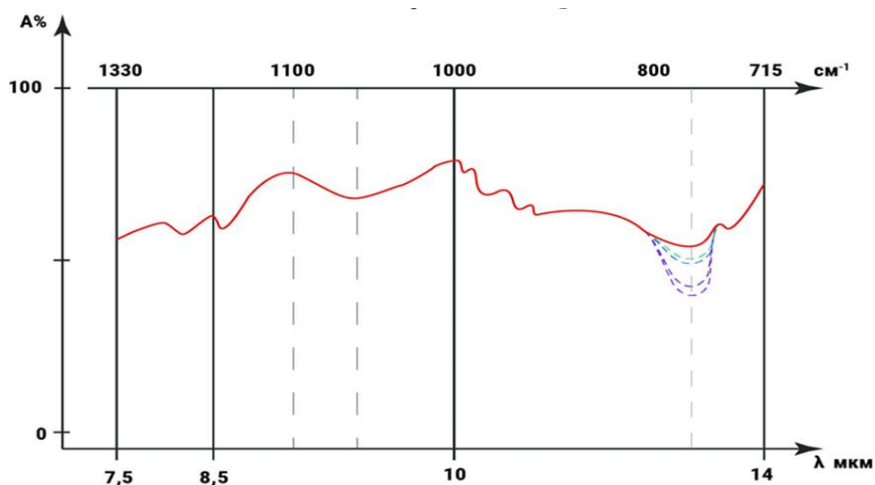
В експериментах використовувались зразки TiO_2 діаметром 20 мм и товщиною 2 мм:

- а) вихідні, не опромінені;
- б) опромінені потоком іонів гелію He^+ енергією 4 меВ дозою $1,2 \times 10^{18}$ іон/см²;
- в) частково опромінені потоком іонів гелію He^+ енергією 4 меВ дозою $1,2 \times 10^{18}$ іон/см² у різних співвідношеннях.

Результати вимірювань електрофізичних та оптичних параметрів представлені в таблиці 1 та на рис. 1. Як можна бачити, безпосередньо після опромінення спостерігається збільшення інтегральної оптичної густини опромінених та частково опромінених зразків у порівнянні з вихідними зразками. Вказаний характер змін корелює з результатами вимірювання електричного опору у відповідних зразках та результатами рентгеноструктурного аналізу.

Таблиця 1 – Часовий розподіл оптичної густини TiO_2 , %

Кількість днів після опромінення	Види зразків		
	Не опромінені (вихідні)	Опромінені	Частково опромінені
0	41	53	47
10	40,9	49	45
28	41	48	44,5
32	40,9	48	44
43	41	48	44,5

Рисунок 1 – Графік спектрального розподілу ІЧ-пропускання зразка TiO_2 в діапазоні довжин хвилі від 7,5 до 14 мкм

За результатами аналізу досліджень зразків в діапазоні довжин хвилі від 7,5 до 14 мкм зі спектральною роздільною здатністю $0,09 \text{ см}^{-1}$ (рис. 1) встановлено, що графіки спектрального розподілу зразків співпадають в межах похибки вимірювань. Відмінності спостерігаються в спектральному діапазоні довжин хвиль від 800 до 750 см^{-1} . Детальний аналіз дозволяє ідентифікувати їх як деформаційні коливання.

В результаті досліджень виявлено кореляцію між електрофізичними та оптичними властивостями окислів TiO_2 під впливом іонів He^+ , що дозволяє дистанційно проводити діагностику матеріалів, що містять окисли TiO_2 . Цей контроль є найбільш ефективним у спектральному діапазоні від 800 до 750 см^{-1} .

ЛІТЕРАТУРА

1. Неклюдов І. М., Толстолуцька Г. Д. Гелій та водень у конструкційних матеріалах. Питання атомної науки і техніки. 2003. № 3. С. 3–14.
2. Haryńska, Ł. et al. (2021). Rapid development of the photoresponse and oxygen evolution of TiO_2 . *Journal of Alloys and Compounds*. 877. 1–9.
3. Пат. 115934 Україна, МПК В03С 1/00, В03С 1/02 (2006.01). Спосіб реєстрації спектра інфрачервоного проміння / Клепиков В. Ф. та ін.; заявники та патентовласники Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України, Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України. № а201605738; заявл. 27.05.2016; опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1.
4. Didovets, Yu., Koloskov, V., Bandurian, B., Koloskova, A. (2024). Method of Investigation of Soil Contamination with Heavy Metals at the Sites of Explosions. *Key Engineering Materials*. 988. 107–116.

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПРОТИРАДІАЦІЙНИХ ЗАХИСНИХ СПОРУД НА ЧАСТОТУ ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ

Березюк О. В.¹, д.т.н., доцент,

Віштак І. В.¹, к.т.н., доцент,

Горбатюк С. В.², к.біол.н., доцент

¹*Вінницький національний технічний університет,*

²*Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова*

Вивчення впливу параметрів протирадіаційних захисних споруд на частоту виникнення захворювань є надзвичайно актуальним, оскільки ефективність таких споруд безпосередньо визначає рівень захисту населення від іонізуючого випромінювання та зменшує ризики розвитку радіаційно зумовлених патологій та мутацій, зокрема розвитку злоякісних новоутворень різної локалізації [1].

Необхідною умовою забезпечення радіаційної безпеки людей і довкілля є раціональне проєктування радіаційно-захисних конструкцій [2]. Основними матеріалами, що застосовуються для нейтронного екранування, є бетон, метали та полімери, при цьому спеціалізовані бетони вирізняються економічною доцільністю та екологічними перевагами.

Бетон належить до найбільш поширених матеріалів, що застосовуються в ядерній, медичній та промисловій сферах для забезпечення радіаційного захисту, що зумовлено його економічною доцільністю, доступністю та задовільними конструкційними властивостями [3]. Водночас варіації у складі заповнювачів, рівня щільності та використання модифікувальних добавок істотно впливають на здатність бетону послаблювати випромінювання.

В роботі наведено [4] дані, що містять значення частоти злоякісних новоутворень за рівнем поглинутої дози опромінення (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення частоти злоякісних новоутворень за рівнем поглинутої дози опромінення

Поглинута доза опромінення D , Гр	0,08	0,32	0,72	1,25
Частота злоякісних новоутворень $f_{ЗНУ}$, %	1,7	5,3	10	15,6

За результатами регресійного аналізу, проведеного за допомогою комп'ютерної програми «RegAnaliz», що захищена свідоцтвом про реєстрацію авторського права і описана у роботах [5, 6], на основі даних табл. 1, як найбільш адекватну, остаточно прийнято таку регресійну залежність частоти злоякісних новоутворень від поглинутої дози опромінення

$$f_{ЗНУ} = 13,08 D^{0,8055} [\%], \quad (1)$$

де $f_{ЗНУ}$ – частота злоякісних новоутворень, %; D – поглинута доза опромінення, Гр.

Використовуючи залежність (1), а також формули для визначення поглинутої дози опромінення та коефіцієнта послаблення радіації сховищем, наведені в роботі [7], отримано залежність впливу параметрів протирадіаційних захисних споруд на частоту злоякісних новоутворень

$$f_{\text{ЗМУ}} = 13,08 \left[\frac{2p_1(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_p \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i}} \right]^{0,8055} \quad [\%], \quad (2)$$

де K_p – коефіцієнт розташування сховища; n – кількість захисних шарів перекриття; d_i – товщина половинного ослаблення i -го захисного шару, см; h_i – товщина i -го захисного шару, см.

На рис. 1 а показано порівняння експериментальної (○) та теоретичної (–) графічних залежностей частоти злякисних новоутворень від поглинутої дози опромінення, а на рис. 1 б – поверхню відгуку частоти злякисних новоутворень у площині основних факторів впливу: товщин захисних шарів бетону та ґрунту.

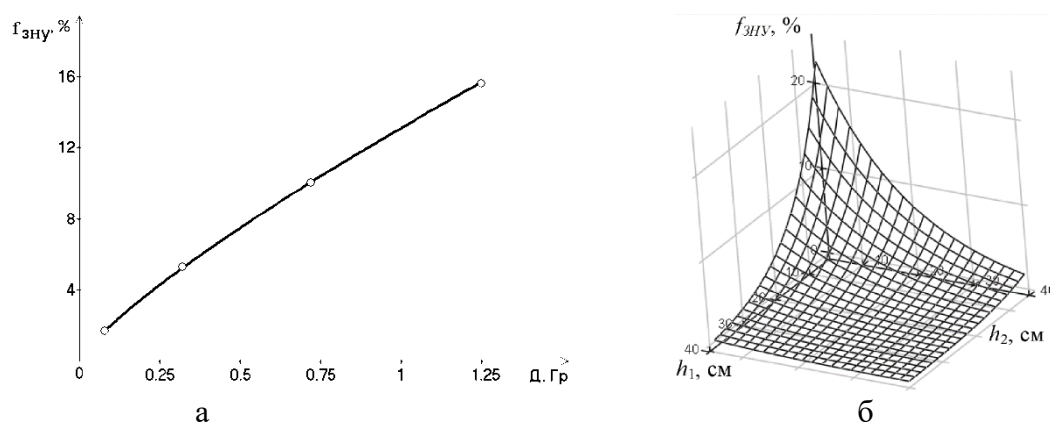


Рисунок 1 – Залежність частоти злякисних новоутворень від: а – поглинутої дози опромінення; б – товщин захисних шарів бетону та ґрунту

ЛІТЕРАТУРА

1. Matsuda, Y., Tanabe, O. (2025). Genomic landscape of radiation-induced somatic mutations in a normal cell. *Carcinogenesis*. 46. No. Art. bgaf044.
2. Ali, S. I., Lublóy, É. (2020). Radiation shielding structures: concepts, behaviour and the role of heavy-weight concrete as a shielding material – review. *Concrete Structures*. 21. 24–30.
3. Subaar, C., Aanoneda, Z. S., Boateng, S., Konadu Amaniampong, E., Adjei, P. (2026). Radiation shielding performance of different concrete materials: A systematic review. *arXiv*. Art. 2601.10336.
4. Баханова О. В. Дозиметричний супровід аналітичних епідеміологічних досліджень віддалених ефектів опромінення учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС : автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Київ, 2021. 42 с.
5. Bereziuk, O., Pashechko, M., Savulyak, V., Kalda, G., Prus, A. (2024). Investigation into the Contamination of Soil with Multiple Components in the Vicinity of Municipal Solid Waste Landfills. *Journal of Ecological Engineering*. 25. 6. 206–213.
6. Bereziuk, O. V., Lemeshev, M.S., Bogachuk, V. V., Akselrod, R. B., Vinnichuk, A. P., Smolarz A. et al. (2021). Increasing the Efficiency of Municipal Solid Waste Pre-processing Technology to Reduce Its Water Permeability. *Biomass as Raw Material for the Production of Biofuels and Chemicals*. 33–41.
7. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. Вінниця: ВДТУ, 2001. 109 с.

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА І АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОЧУТЛИВИХ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДОМ ОСАДЖЕННЯ МАГНЕТИТУ НА АКТИВОВАНЕ ВУГІЛЛЯ

*Бордун І. М., д.т.н., доцент,
Мальований М. С., д.т.н., професор,
Борисюк А. К.,
Нагурський Н. О.*

Національний університет «Львівська політехніка»

Розвиток промисловості, поряд із технічним поступом, спричиняє серйозне навантаження на екосистему через накопичення важких металів, барвників та органічних токсинів. Це зумовлює необхідність пошуку ефективних сорбційних технологій та матеріалів. Зокрема, застосування магніточутливих сорбентів дозволяє оптимізувати процеси сепарації та концентрування забруднювачів. Модифікація структури таких композитів дає змогу регулювати їхню селективність для роботи в різних середовищах. Попри поширеність методів піролізу, економічно вигідним є осадження наночастинок магнетиту на готову вуглецеву матрицю. У зв'язку з цим, дана робота присвячена синтезу магнітних вуглецевих композитів на основі промислового активованого вугілля (АВ) методом осадження магнетиту за реакцією Елмора та аналізу їхніх характеристик.

Для синтезу як вихідне АВ було використано вугілля фірми Norit, яка є європейським підрозділом корпорації Cabot (США). Обрано було марки Norit ROW 0,8 SUPRA (R08) і Norit GCN 830 (G830). АВ марки Norit ROW 0,8 SUPRA виробляється у вигляді екструдованих гранул, має відмінні сорбційні властивості і може застосовуватися в різних системах очищення води. АВ марки Norit GCN 830 – це гранульоване АВ, яке було спеціально розроблене для очищення питної води. Для осадження магнітних частинок було використано методику із роботи [2]. У цій методиці співвідношення іонів заліза різної валентності Fe^{2+}/Fe^{3+} становить 1 : 1. Для осадження використано суміш солей $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ та $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (зразки позначатимемо символом М) і $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ і $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9 H_2O$ (зразки позначатимемо символом М2). Для осадження магнетиту використано 5М водний розчин NaOH, який по краплях додавали до суспензії АВ у водному розчині солей, поки рН не досягало приблизно 11.

Морфологію вихідного АВ і синтезованих зразків композитів вивчено за допомогою скануючого електронного мікроскопа Phenom ProX з EDX модулем визначення складу поверхні зразка. Рентгенівські дифрактограми отримано за допомогою дифрактометра ДРОН-3 при опроміненні Cu K α -випромінюванням. Дифрактограми проаналізовано за допомогою програмного пакету Jana2006. Питому намагніченість насичення було визначено за допомогою вібраційного магнетометра за напруженості поля 800 А/м. Адсорбційні властивості розраховано на основі аналізу ізотерм адсорбції модельного барвника метиленовий синій (МС). Вимірювання залишкової концентрації барвника у розчині проведено за допомогою спектрофотометричної методики з використанням однопроменевого спектрофотометра СФ-46.

На дифрактограмах вихідних зразків АВ R08 і G830 спостерігаємо лише широкі піки, які відповідають аморфній вуглецевій фазі. Основний максимум для обох зразків локалізований при $2\theta \approx 25^\circ$. У композитах, отриманих після осадження з обох сумішей солей феруму, поряд із широкими піками аморфної вуглецевої фази спостерігаємо додаткові гострі піки, які ідентифіковано, як піки магнетиту Fe_3O_4 . Отже, незалежно від використаних солей на поверхні вуглецевих частинок осідає магнетит. З отриманих СЕМ зображень видно, що обидва види вугільних матеріалів добре покритися магніточутливим шаром на основі магнетиту. Покриття в усіх випадках є суцільним, але має тріщини та

пори, які дозволятимуть доступу забрудників до внутрішньої пористої структури вугілля для доброї адсорбції з водних розчинів.

За допомогою вібраційного магнетометра визначено питому намагніченість насичення синтезованих магніточутливих композитів. Встановлено, що зразок R08M має питому намагніченість у $24 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{г}$, R08M2 має $13 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{г}$, G830M – $18 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{г}$, а G830M2 – $11 \text{ A}\cdot\text{m}^2/\text{г}$. Отже, використання для осадження магнетиту суміші солей сульфату Феруму (II) і хлориду Феруму (III) дає практично вдвічі більші значення питомої намагніченості насичення.

Адсорбовану з водного розчину кількість МС розраховано за різницею його концентрацій до і після контакту із вихідним вугіллям і синтезованими композитами. На основі отриманих величин адсорбції було побудовано ізотерми адсорбції. Встановлено, що вони належать до типу L ізотерм адсорбції. Такі ізотерми вказують, що зв'язок молекул барвників з поверхнею композиту відбувається в основному за рахунок електростатичної ван-дер-ваальсівської взаємодії. Для аналізу усіх ізотерм адсорбції використано моделі Ленгмюра, Фрейндліха і Дубініна-Радушкевича. Показано, що усі використані моделі для опису ізотерм адсорбції мають високий коефіцієнт кореляції R^2 для усіх досліджених зразків. Значення параметру рівноваги R_L для адсорбції МС в усіх вуглецевих матеріалів є меншими за 1 і більшими за нуль, що вказує на сприятливу адсорбцію. Також на сприятливу адсорбцію для усіх зразків вказує значення $1/n$, обернене до коефіцієнта неоднорідності поверхні адсорбента і яке розраховано із рівняння Фрейндліха, оскільки воно для усіх зразків є меншим за 1. Встановлено, що гранична кількість поглинутого барвника МС, розрахована за моделлю Ленгмюра, для вихідного АВ R08 становить 172 мг/г , для синтезованого композиту R08M $147,1 \text{ мг/г}$, для R08M2 – $107,5 \text{ мг/г}$, для вихідного вугілля G830 – $128,2 \text{ мг/г}$, для композиту G830M – $96,9 \text{ мг/г}$, для G830M2 – $81,3 \text{ мг/г}$. З отриманих даних видно, що для композитів маємо незначне зменшення граничної кількості поглинутого барвника у порівнянні з вихідним вугіллям, оскільки частина пористого простору закупорюється осадженим магнетитом. Але як і у випадку з питомою намагніченістю, використання для осадження магнетиту суміші солей сульфату Феруму (II) і хлориду Феруму (III) призводить до суттєво кращих адсорбційних властивостей, як при використанні суміші сульфатів Феруму (II) і Феруму (III). Отже, синтез магніточутливих вуглецевих адсорбентів методом осадження магнетиту за реакцією Елмора доцільно проводити з використанням сульфату Феруму (II) і хлориду Феруму (III).

ЛІТЕРАТУРА

1. Nahurskyi, N., Malovanyu, M., Bordun, I., Szymczykiewicz, E. (2024). Magnetically Sensitive Carbon-Based Nanocomposites for the Removal of Dyes and Heavy Metals from Wastewater: A Review. *Chem. Chem. Technol.* 18. 1. 170–187.
2. Dai, J., Meng, X., Zhang, Y., Huang, Y. (2020). Effects of modification and magnetization of rice straw derived biochar on adsorption of tetracycline from water. *Bioresource Technology.* 311. 14–15. 123455.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ КЛАСІВ АС3 ТА АС4

*Буйських Н. В., к.т.н., доцент,
Горбунов Д. В.,
Горбачова О. Ю., к.т.н., доцент,
Мазурчук С. М., к.т.н., доцент*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У сучасних умовах розвитку меблевої та плитної промисловості особливого значення набуває підвищення експлуатаційних показників деревинно-композиційних матеріалів (ДСП, MDF, HDF). Одним із ключових технологічних рішень, що забезпечує довговічність та конкурентоспроможність ламінованих виробів, є застосування оверлею різних класів. Оверлей являє собою спеціальний захисний папір, просочений термореактивними смолами, який під час пресування формує прозорий зносостійкий шар із вираженими бар'єрними та захисними функціями.

Актуальність використання оверлею різних класів зумовлена необхідністю диференціації продукції за умовами експлуатації – від побутового до інтенсивного комерційного призначення. Показники зносостійкості, опірності подряпинам, ударним навантаженням, впливу вологи та побутової хімії безпосередньо залежать від фізико-технічних характеристик цього захисного шару.

Для проведення експерименту були обрані плити HDF класів зносостійкості АС3 та АС4 зі наступними параметрами: товщина 7–12 мм; щільність 850–950 кг/м³; вологість 5–8 %. Профіль щільності досліджуваних плит наведено на рис. 1.

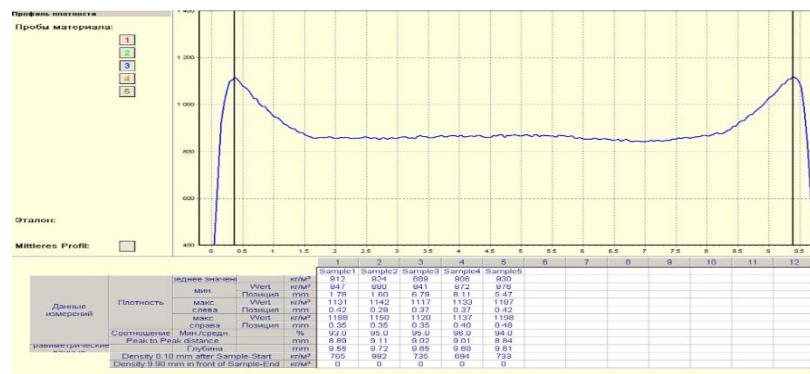


Рисунок 1 – Профіль щільності плити HDF

Згідно з літературними джерелами [1, 2], на зносостійкість панелей критично впливають як режими пресування, так і якісні характеристики застосовуваних смол і декоративного паперу.

Програма випробувань включала оцінку (рис. 2):

1. гідротермічної стійкості – зразки піддавалися впливу водяної пари протягом 60 хвилин з подальшою стабілізацією при температурі 20 ± 2 °C згідно з ДСТУ EN 438-2:2020;

2. ударної стійкості – випробування проводилися за допомогою приладу «Еришен» (Erichsen) шляхом створення локального контактного удару з інкрементальним збільшенням сили від 10 Н до 20 Н (крок – 2 Н);

3. стійкості до стирання – оцінка здійснювалася на абразиметрі «Taber». Контроль стану поверхні проводився кожні 100 обертів, загальний обсяг випробувань склав від 2800 до 4500 обертів.



Рисунок 2 – Дослідження впливу декоративного паперу (оверлею) на:
а – гідротермічну стійкість, б – ударну стійкість, в – стійкість до стирання

Експериментально встановлено, що обидва класи покриття мають високі експлуатаційні властивості, проте зразки класу АС4 продемонстрували стабільну перевагу за ключовими показниками. Зокрема, під час випробувань на гідротермічну стійкість усі зразки витримали дію пари без ознак деструкції чи змін зовнішнього вигляду. Показники ударостійкості для класу АС3 склали 16–18 Н, тоді як для АС4 цей параметр сягав 18–20 Н без пошкодження верхнього шару. Найбільш суттєва різниця зафіксована під час оцінки абразивної стійкості (рис. 3). Середній показник для АС3 становив 2933 оберти, тоді як для АС4 він склав 4333 оберти, що свідчить про перевагу останнього за зносостійкістю на 48 %.



Рисунок 3 – Зразки після випробування

Проведена робота підтвердила, що якість ламінованого покриття обумовлена комплексом технологічних чинників. Систематичний контроль показників зносостійкості є необхідною умовою для забезпечення відповідності продукції сучасним стандартам. Отримані дані можуть бути використані для оптимізації рецептур просочувальних сумішей та параметрів пресування у виробничому процесі.

На основі отриманих результатів подальший науковий пошук доцільно спрямувати на модифікацію складу меламіноформальдегідних смол для підвищення еластичності захисного шару. Перспективним є вивчення впливу концентрації та фракційного складу корунду (Al_2O_3) на опірність мікроподряпинам. Також науковий інтерес становить оцінка експлуатаційної стійкості покриттів із застосуванням антистатичних та антибактеріальних добавок відповідно до сучасних вимог безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kara, M. E., Yerlikaya, Z., Ate, S., Olgun, Ç. (2016). Effect of pressing conditions on some surface properties of HDF laminate parquets. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*. 23. 274–278.
2. Istek, A., Aydemir, D., Aksu, S. (2010). The effect of decor paper and resin type on the physical, mechanical, and surface quality properties of particleboards coated with impregnated decor papers. *BioResurces*. 5(2). 1074–1083. DOI:10.15376/biores.5.2.1074-1083

ОБ'ЄКТИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ ЯК НОСІЇ ДОКАЗОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЯХ

*Возовик Ю. М.,
Сандрацька А. В.*

*Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України*

Радіаційно-ядерні аварії та аварійні ситуації, пов'язані з ядерними та іншими радіоактивними матеріалами, зокрема, заходи, пов'язані з незаконним обігом, інцидентами та застосуванням таких матеріалів, потребують комплексного судово-експертного забезпечення розслідування. Традиційно, основна увага приділяється об'єктам неживої природи, однак об'єкти біологічного походження можуть містити додаткову інформацію щодо характеру та часу радіаційного впливу.

Одним із перспективних, але недостатньо використаних джерел доказової інформації, є об'єкти рослинного походження, які здатні нести в собі криміналістичну значущу інформацію під час розслідування радіаційно-ядерних аварій та аварійних ситуацій. Об'єкти рослинного походження, як постійний компонент екосистеми, виступають природними біоіндикаторами, здатними акумулювати радіонукліди з ґрунту та атмосфери, фіксуючи просторово-часові характеристики забруднення. Це дозволяє розглядати їх як потенційні носії доказової інформації, зокрема, для реконструкції обставин події, в рамках проведення комплексних судових експертиз за напрямками судово-біологічних досліджень та досліджень матеріалів, речовин та виробів (радіоактивних та ядерних матеріалів) [1]. Окрім того, інформативність об'єктів рослинного походження визначається їх здатністю накопичувати радіонукліди та реагувати на вплив іонізуючого випромінювання біологічними змінами.

Типовими об'єктами рослинного походження, які можуть досліджуватися під час проведення вказаних комплексних судових експертиз, можуть виступати частки деревних, чагарникових і трав'янистих рослин (корені, кореневища, листя, стебла, квітки, насіння, плоди, кора, деревина, волокна), водорості, тирса, стружка, частки дерев'яних предметів, сіно, солома, мох, інші об'єкти рослинного походження.

Отримання доказової інформації з об'єктів рослинного походження передбачає застосування комплексу методів, зокрема:

за напрямом судової біологічної експертизи – фізико-хімічні методи, мікроскопічні методи (морфологічний аналіз), порівняльний аналіз тощо;

за напрямом судової експертизи матеріалів, речовин та виробів (дослідження радіоактивних та ядерних матеріалів) – радіометричні методи, гамма-, альфа-, бета-спектрометричні методи, радіохімічні методи, мас-спектрометричні методи тощо.

Таким чином, під час біологічних досліджень об'єктів рослинного походження буде встановлено біологічні факти, які допомагають реконструювати подію та пов'язати об'єкти із місцем або джерелом радіаційного впливу [2, 3], зокрема, факт радіаційного впливу на об'єкт рослинного походження (наявність біологічних змін, характерних для іонізуючого випромінювання, ушкодження клітинних структур, порушення росту та розвитку рослин, радіаційно-індуковані морфологічні аномалії), просторовий зв'язок об'єкта рослинного походження з місцем події (відповідність рослинного матеріалу певній місцевості, належність зразка конкретному біогеоценозу, походження рослинних залишків (пиллоки, насіння, фрагменти) тощо), біологічні наслідки опромінення (цитогенетичні порушення, мутаційні зміни, ступінь біологічного ушкодження).

В той же час, під час дослідження радіоактивних та ядерних матеріалів стосовно об'єктів рослинного походження буде встановлено, зокрема, наявність радіоактивного

забруднення (належність об'єкта до радіоактивно забрудненого, рівень іонізуючого випромінювання), ідентифікація радіонуклідного складу (тип радіонуклідів, їх ізотопний склад), активність та рівні випромінювання (питома активність, поверхнева активність, потужність дози), характеристику джерела іонізуючого випромінювання (промислове, медичне, природне тощо), визначення часу радіаційного впливу.

Серед основних проблемних питань судово-експертного дослідження об'єктів рослинного походження з місця радіаційного інциденту слід виділити:

відсутність загальної експертної методики;

видоспецифічність накопичення радіонуклідів серед об'єктів рослинного походження;

необхідність міждисциплінарної взаємодії судових експертів різних експертних спеціальностей.

Подолання зазначених проблем потребує розроблення відповідних методик (методичних рекомендацій) із врахуванням національного законодавства та міжнародного досвіду.

Таким чином, об'єкти рослинного походження є перспективним носієм криміналістичної значущої інформації при розслідуванні радіаційно-ядерних аварій та аварійних ситуацій. Їх використання у в рамках проведення комплексних судових експертиз за напрямками судово-біологічних досліджень та досліджень матеріалів, речовин та виробів (радіоактивних та ядерних матеріалів) розширює можливості встановлення обставин події, підвищує об'єктивність експертних висновків та сприяє розвитку міждисциплінарних підходів у судово-експертній діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Положення про Експертно-кваліфікаційну комісію при Службі безпеки України та атестацію судових експертів: наказ Центрального управління Служби безпеки України від 02 червня 2006 року № 210, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23 липня 2006 року за № 1106/44512. База даних «Законодавство України». Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1106-25#Text> (дата звернення: 27.02.2026).

2. Балинян Т. Є., Дереча Л.М. Особливості класифікаційних досліджень у судово-біологічній експертизі. Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. Харків : Право, 2006. Вип. 6. С. 244–249.

3. Балинян Т. Є., Дереча Л. М. Специфіка етапів ідентифікаційних досліджень у судово-біологічній експертизі. Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. Харків : Право, 2007. Вип. 7. С. 230–236.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ БУТИЛГЛІЦИДИЛОВОГО ЕТЕРУ У ВІДКРИТОМУ ТИГЛІ

*Гапон Ю. К.¹, к.т.н., доцент,
Майборода А. О.², к.пед.н., доцент,
Михайловська Ю. В.², PhD,
Гринько Ю. М.², к.держ.упр.*

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
²Національний університет цивільного захисту України

Сучасна хімічна промисловість широко використовує епоксидні сполуки як функціональні компоненти полімерних матеріалів, лакофарбових покриттів, клеїв і композиційних систем. Розширення сфер застосування бутилгліцидилового етеру у будівництві, машинобудуванні та виробництві захисних покриттів зумовлює необхідність комплексної оцінки його небезпечних властивостей. Поряд із технологічними перевагами, дана сполука характеризується горючістю та здатністю утворювати займісті пароповітряні суміші, що створює потенційні ризики виникнення пожеж у процесах зберігання, транспортування та використання [1].

Одним із ключових параметрів, що визначає пожежну безпеку горючих рідин, є температура спалаху – найнижча температура, за якої пари речовини утворюють з повітрям суміш, здатну до короточасного займання від джерела запалювання [2].

Експериментальні вимірювання проводилися за методикою Клівлендського відкритого тигля, що моделює реальні промислові умови відкритого контакту рідини з повітрям [3]. Під час досліджень використовували стандартний об'єм зразка, регламентовану методикою швидкість нагріву та положення термометра, що дозволило отримати середнє значення температури спалаху бутилгліцидилового етеру, яке наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювання температури спалаху та умови проведення експериментів

Номер зразка	Температура спалаху (°C)	Температура середовища (°C)	Вологість (%)
1	61	22	45
2	59	23	50
3	58	24	55
4	56	25	60
5	57	23	50
Середнє	58,2	–	–
СВ	1,92	–	–

Результати оброблено з використанням статистичних інструментів на базі Python (бібліотеки NumPy та SciPy) для розрахунку середніх, стандартних відхилень, середньоквадратичного відхилення та коефіцієнтів кореляції. Систематичні помилки (наприклад, точність термопари) та випадкові помилки (наприклад, візуальне виявлення) кількісно оцінено, з відносною похибкою 3,3 %, середньоквадратичне відхилення становить 1,92 °C. Такий підхід забезпечує науково обґрунтовану оцінку пожежної безпеки речовини і може бути використаний для розробки промислових норм і правил безпечного використання бутилгліцидилового етеру.

Відносна вологість повітря мала від'ємну кореляцію з температурою спалаху ($r=-0,86$, $p<0,05$), що проявилось у зниженні на $1,5-2,0$ °C при вологості близько 60 %. Розбіжність між розрахунками та результатами випробувань (близько 10 °C) пояснюється дифузією парів у відкритому тиглі.

Графічна інтерпретація отриманих даних (рис. 1) дозволяє комплексно оцінити пожежну небезпеку бутилгліцидилового етеру. Гістограма відображає результати п'яти послідовних експериментів, де середнє значення температури спалаху склало $58,2$ °C. Незначний розкид значень (стандартне відхилення $SD=1,92$ °C) підтверджує високу відтворюваність результатів та адекватність обраної методики відкритого тигля.

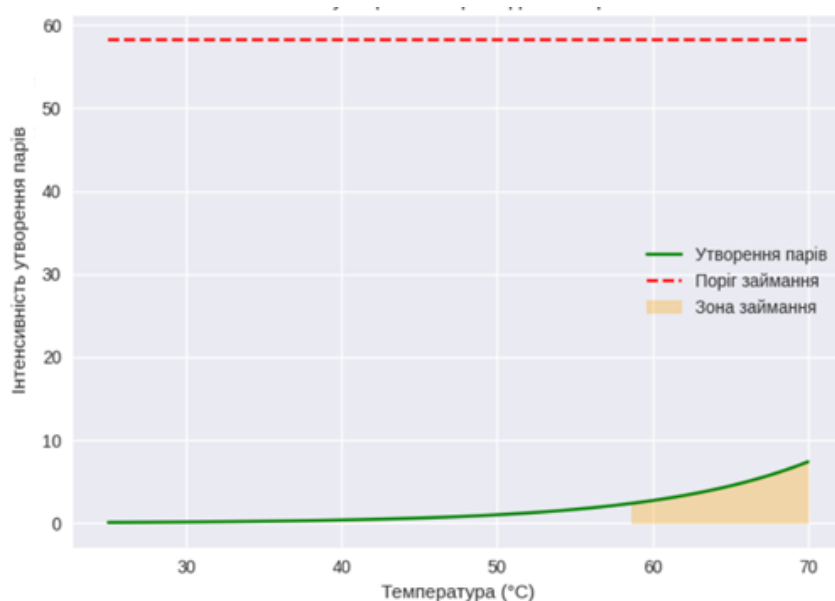


Рисунок 1 – Кореляція між експериментальними значеннями температури спалаху та кінетикою випаровування бутилгліцидилового ефіру

Кінетична залежність пароутворення (зелена лінія) наочно демонструє процес накопичення горючої концентрації парів. При температурах до 40 °C інтенсивність випаровування залишається мінімальною, проте при досягненні діапазону $50-60$ °C спостерігається стрімке зростання виходу пароповітряної суміші. Заштрихована область (зона займання) візуалізує температурний інтервал, у якому концентрація парів досягає нижньої концентраційної межі поширення полум'я.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lakzian, K., Liaw, H. J., Lakzian, E., Gerbaud, V. (2025). A comprehensive review on flash point behavior of binary ignitable mixtures: Trends, influencing factors, safety and fuel design implications, and future directions. *Progress in Energy and Combustion Science*. 108. 1–40.
2. Nuianzin, V., Maiboroda, A., Danyk, O., Zhurbynskyi, D., Honchar, S., Nozhko, I., (2025). Comparison of experimental and calculated values of combustion heat of alkyl glycid ethers as an element of ensuring civil safety. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*. 1(19). 4–14.
3. ASTM International. Standard test method for flash and fire points by Cleveland open cup tester (ASTM D92-23). 2023.

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ КОМПОЗИТНИХ ЕПОКСИ-МАГНЕТИТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ДЖЕРЕЛ

*Гузій С. Г.¹, к.т.н., с.н.с.,
Барвіцький П. П.², к.т.н., с.н.с.,
Присяжна О. В.², к.хім.н., доцент,
Одукалець Л. А.¹, н.с.*

¹*Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища» Національної академії наук України,*

²*Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакула Національної академії наук України
Національної академії наук України*

Композитні матеріали, що складаються з діелектричної матриці та феромагнітних матеріалів привертають велику увагу матеріалознавців протягом останніх десятиліть. Феромагнітні матеріали відомі своєю здатністю поглинати електромагнітні хвилі мікрохвильового діапазону [1–4], а також послаблювати гамма випромінювання [5, 6] та сорбувати на свої поверхні іони цезію та стронцію [7]. Введення в епоксі матрицю нано- або мікрочастинок магнетиту (Fe_3O_4) із джеспіліту (метаморфічна гірська порода, тонкосмугастиий залізистий кварцит червоно-чорного або золотисто-чорного кольору, що складається з кварцу, гематиту та магнетиту. Це важлива залізна руда із вмістом заліза 20–40 %, яка зустрічається в докембрійських утвореннях Криворізького басейну України) у формі майже сферичних частинок із середнім діаметром 1–2 мкм, на наш погляд, значно посилює взаємодію композиту з електромагнітним випромінюванням, забезпечуючи бажаний технічний результат за рахунок розмір співмірності розміру частинок з довжинами хвиль мікрохвильового діапазону. Частинки магнетиту, завдяки особливостей кристалічної чарунки та високої теплоємності не тільки поглинають електромагнітне випромінювання, але й ефективно його розсіюють його, зменшуючи загальну інтенсивність випромінювання.

Згідно даних [8] взаємодія випромінювання з композитом визначається величиною загасання SE_T , що вноситься досліджуванним композитом:

$$SE_T = S_R + S_A + S_{MR}, \quad (1)$$

де S_R – величина відбиття, S_A – значення поглинання, S_{MR} – величина багатократного відбиття.

Величина відбиття S_R в дБ, рівна

$$S_R = 20 \lg \left| \frac{K_{CXH}-1}{K_{CXH}+1} \right|, \quad (2)$$

Величина поглинання S_A в дБ дорівнює

$$S_A = 20 \lg e^{d/\delta}, \quad \delta = (\sqrt{pf\mu\sigma})^{-1}, \quad (3)$$

де d – товщина зразка, f – частота випромінювання, μ – магнітна проникність зразка, σ – провідність зразка.

Значення багатократного відбиття S_{MR}

$$S_{MR} = 20 \lg |1 - e^{-2d/\delta}|. \quad (4)$$

Для проведення дослідження виготовлялися зразки композитів із вмістом магнетиту в кількості 0, 15 і 45 мас. % із розмірами, які відповідали внутрішньому перерізу хвилеводів: 7,2 x 3,4 мм² для діапазону 26 - 37,5 ГГц. Товщина зразків складала 4 мм.

Вимірювання електродинамічних характеристик зразків проводилися за допомогою скалярних вимірювачів КСХН і загасання P2-65. Схема експериментальної установки показана на рис. 1.

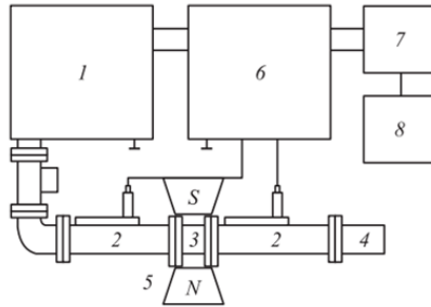


Рисунок 1 – Блок-схема експериментальної установки: 1 – генератор; 2 - направлені відгалужувачі падаючої та відбитої хвилі, відповідно; 3 – хвилевод зі зразком; 4 – узгоджене навантаження; 5 – магніт; 6 – індикатор; 7 – АЦП; 8 – комп’ютер

Результати вимірювань загасання хвилі при проходженні через зразок та КСХН, який визначає коефіцієнт відбиття $\Gamma = \text{КСХН} - 1 / \text{КСХН} + 1$ представлені на рис. 2, а, б.

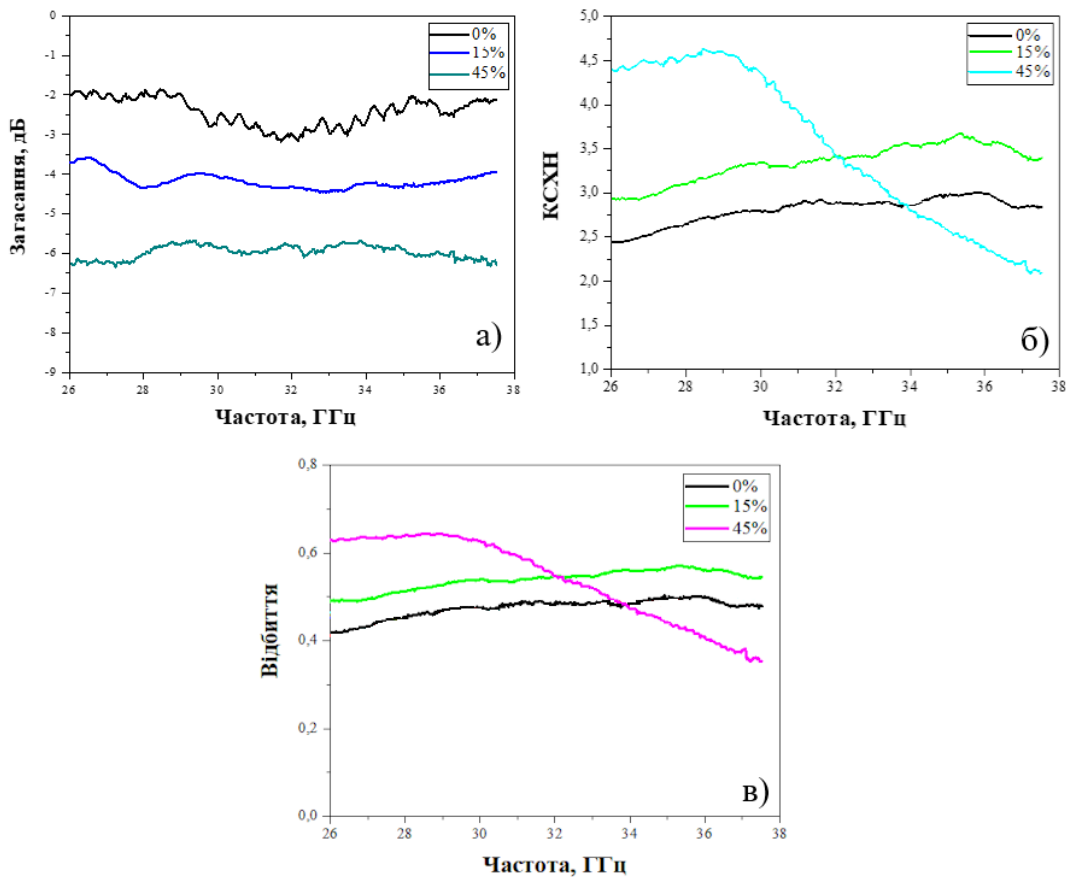


Рисунок 2 – Спектри загасання (а), коефіцієнта стоячої хвилі по нарузі (КСХН) (б) та відбиття (в) досліджуваних зразків з різною концентрацією Fe₃O₄

Аналізуючи отримані результати вимірювання електродинамічних характеристик зразків бачимо, що загасання хвилі при проходженні зразків зростає у відповідності до збільшення концентрації внесеної Fe_3O_4 . Ефективність впливу порошку Fe_3O_4 на загасання хвилі не висока, отримані 7 дБ для концентрації 45 мас.% дуже мала. Вимірний спектр для коефіцієнта відбиття поводитьсья по різному. Тільки концентрація 45 мас.% в деякому діапазоні наближається до 1. На величину коефіцієнта відбиття впливає як концентрація доданого порошку, так розмір зразка, коли при деякому співвідношенню довжини хвилі і розміру зразка утворюється резонатор, який зменшує відбиття.

На рис. 2, в представлені обраховані спектри коефіцієнта відбиття досліджуваних зразків. Спостерігається область між 0,4 та 0,5, де лежать спектри коефіцієнта відбиття тотожно близькі для чистого полімеру, так і з концентрацією 15 мас.%. Деяка відмінність (до 0,35) спостерігається для зразка з концентрацією 45 мас.% Fe_3O_4 у високочастотній області.

Для повної оцінки перспективності виготовлення захисних екранів із запропонованих композитних матеріалів із мінімальним коефіцієнтом відбиття планується дослідити спектри діелектричної проникності (дійсної та уявної частини) зразків в широкому діапазоні частот. На основі отриманих експериментальних даних значень діелектричної проникності та обчислені тангенсу діелектричних втрат зразків можна буде зробити висновки по актуальності магнетитового наповнювача для виготовлення захисних екранів від мікрохвильового та іонізуючого випромінювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aksimentyeva, O. I., Chepkov, I. B., Filipsonov R. V. et al. (2020). Hybrid Composites with Low Reflection of IR Radiation, *Physics and chemistry of solid state*. 21 (4). 764–770.
2. Glyva, V., Kasatkina, N., Nazarenko, V. et al. (2020). Development and study of protective properties of the composite materials for shielding the electromagnetic fields of a wide frequency range. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2/12 (104). 40–47.
3. Glyva, V., Bakharev, V., Kasatkina, N. et al. (2021). Design of liquid composite materials for screening electromagnetic fields, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 3/6 (111). 25–31.
4. Guzii, S. (2023). Peculiarities of dielectrometry in the shortwave and subterahertz bands, *Material Sci & Eng*. 7(1). 38–39.
5. Матеріали спеціального призначення для захисту від іонізуючого випромінювання: конспект лекцій / Укладачі: О. В. Христинч, В. В. Дейнека, Г. М. Шабанова. Х.: НУЦЗУ, 2023. 75 с.
6. Нейтронографія магнітних рідинних систем : монографія / Л. А. Булавін, М. В. Авдєєв, О. О. Ключников та ін.; НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС. Чорнобиль (Київ. обл.) : Ін-т проблем безпеки АЕС, 2015. 244 с.
7. Guzii, S., Arkhypenko, O., Odukalets, L., Prysiazhna, O., Rashkevich, N. (2024), Magnetite-ferrocyanide-copper sorbents for recovery of cesium ions from low-activity liquid radioactive waters, *Material Sci & Eng*. 8(1). 15–18.
8. Oliynyk, V., Vovchenko, L., Lozitsky, O. et al. (2022). Dielectric and Microwave Absorbing Properties of Epoxy Composites with Combined Fillers of Nanocarbon/Inorganic Particles, *Advances in Nanotechnology*. 28. 1–84.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЛЯРНОЇ (КИСЛОТНО-ЛУЖНОЇ) СКЛАДОВОЇ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ В ДИСПЕРСІЙНО-НАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТАХ

Данченко Ю. М.¹, д.т.н., професор,

Андронов В. А.¹, д.т.н., професор,

Карєв А. І.², к.т.н.

¹*Національна академія національної гвардії України,*

²*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Енергетичні характеристики поверхні є відображенням і наслідком внутрішніх хімічних і фізико-хімічних процесів, які формують будь-які матеріали, в тому числі дисперсно-наповнені полімерні композити. При формуванні енергетичних характеристик поверхні дисперсно-наповнених полімерних композитів велику роль відіграють не тільки процеси утворення полімерного дисперсійного середовища (зв'язуючого), а й, можливо, перш за все, процеси, які відбуваються на межі поділу фаз в системі «полімер (дисперсійне середовище) – дисперсний наповнювач (дисперсна фаза)».

Енергія твердої поверхні характеризується величиною вільної поверхневої енергії (ВПЕ), яка може бути критерієм оцінки багатьох властивостей дисперсно-наповнених полімерних композитів. Величина ВПЕ включає неполярну (дисперсійну) та полярну (кислотно-лужну) складові, які відображають природу взаємодій при формуванні твердого тіла. Отже, можливість прогнозування величин складових ВПЕ наповнених полімерних композитів є важливою теоретичною та практичною задачею. В задачу цього дослідження входить прогнозування полярної (кислотно-лужної) складової ВПЕ наповнених дисперсними наповнювачами полімерних композитів.

Отже, як відомо, вільна поверхнева енергія (ВПЕ) твердої поверхні характеризується некомпенсованою поверхневою енергією на межі поділу фаз «тверде тіло – газ». Відповідно теорії Фоукса, ВПЕ (γ_s) будь-якої твердої поверхні виражається сумою складових, кожна з яких відображає природу взаємодій у твердому тілі:

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p + \gamma_s^h + \gamma_s^i + \gamma_s^{ab} + \gamma_s^o, \quad (1)$$

де γ_s^d , γ_s^p , γ_s^h , γ_s^i , γ_s^{ab} – складові ВПЕ, які характеризують дисперсійні, полярні, водневі (зв'язки), індукційні і полярні (кислотно-лужні) взаємодії відповідно; γ_s^o – відноситься до усіх взаємодій, які не враховані попередніми складовими.

Ван Осс і Гуд встановили, що дисперсійна складова ВПЕ (γ_s^d) (Ліфшица Ван дер Ваальса) поєднує енергію дисперсійних, індукційних і полярних взаємодій. При цьому має місце умова, що $\gamma_s^d \gg \gamma_s^p$ и $\gamma_s^d \gg \gamma_s^i$. Інші складові формули (1) вченими були об'єднані у полярну (кислотно-лужну) складову ВПЕ (γ_s^{ab}). Завдяки цим припущенням вираз (1) спростився до двох складових:

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^{ab}. \quad (2)$$

Полярна (кислотно-лужна) складова ВПЕ твердої поверхні (γ_s^{ab}) складається з двох складових:

$$\gamma_s^{ab} = 2 (\gamma_s^a)^{1/2} \cdot (\gamma_s^b)^{1/2}, \quad (3)$$

де γ_s^a і γ_s^b – неадитивні частини ВПЕ твердого тіла, які відповідають за електроноакцепторні (кислотні) та електронодонорні (лужні) взаємодії. Відповідно, γ_s^a – кислотний або протонодонорний (електроноакцепторний) параметр, γ_s^b – основний або протоноакцепторний (електронодонорний) параметр. Для моно полярної поверхні $\gamma_s^a=0$ або $\gamma_s^b=0$ і тоді $\gamma_s^{ab}=0$.

Кислотно-основна складова адгезійної взаємодії на межі поділу фаз (γ_s^{ab}) розраховується з комбінаційного правила:

$$\gamma_s^{ab} = 2[(\gamma_c^a)^{1/2} - (\gamma_n^a)^{1/2}] \cdot [(\gamma_c^b)^{1/2} - (\gamma_n^b)^{1/2}], \quad (4)$$

де γ_c^a , γ_n^a – кислотні та γ_c^b , γ_n^b – лужні компоненти кислотно-основної складової ВПЕ зв'язуючого та наповнювача відповідно.

Полярна (кислотно-лужна) складова ВПЕ композиту залежить від кислотно-основних складових зв'язуючого і наповнювача γ_c^a , γ_n^a , γ_c^b , γ_n^b та об'ємної частки наповнювача ω .

Для врахування кислотно-лужних властивостей поверхні наповнювача пропонується розраховувати величину кислотно-лужного співвідношення Q:

$$Q = (\gamma_n^a)^{1/2} / (\gamma_n^b)^{1/2}. \quad (5)$$

У випадку $Q > 1$ поверхня наповнювача має переважно кислотний характер, при $Q < 1$ переважно лужний, а при $Q \approx 1$ загальний характер поверхні можна характеризувати як нейтральний.

При врахуванні кислотно-лужних властивостей поверхні наповнювача (Q), об'ємної частки наповнювача ω та об'ємної частки зв'язуючого $(1-\omega)$ рівняння 5 перетворюється на наступне:

$$\gamma_s^{ab} = 2(\gamma_c^a)^{1/2} \cdot (\gamma_c^b)^{1/2} - 2\omega[2(\gamma_c^a)^{1/2} \cdot (\gamma_c^b)^{1/2} + (\gamma_c^a)^{1/2} \cdot (\gamma_n^b)^{1/2} + Q \cdot (\gamma_c^b)^{1/2} \cdot (\gamma_n^a)^{1/2}] + 2\omega^2[(\gamma_c^a)^{1/2} \cdot (\gamma_n^b)^{1/2} + (\gamma_n^a)^{1/2} \cdot (\gamma_c^b)^{1/2} + Q \cdot (\gamma_c^b)^{1/2} \cdot (\gamma_n^a)^{1/2} + Q \cdot \gamma_n^b] \quad (6)$$

В отриманому математичному рівнянні запропонованої моделі оцінити вплив параметрів Q та ω на кислотно-лужну складову композитів γ_s^{ab} достатньо складно. Тому для отримання графічних залежностей (поверхонь відгуку) використана прикладна програма математичної обробки Mathcad 15.0. Виходячи з відомих значень енергетичних параметрів зв'язуючого (полімерів) та дисперсних наповнювачів різної хімічної природи (табл. 1) були прийняті наступні граничні умови: $\gamma_c^a=1-7$ мДж/м²; $\gamma_c^b=1-25$ мДж/м²; $\gamma_n^b=50-1000$ мДж/м²; $\omega=0-1$, $Q=0-5$. Побудовані поверхні представлені на рис. 1-3.

Таблиця 1 – Кислотні та лужні складові ВПЕ зв'язуючих та наповнювачів

Матеріал	γ^a , мДж/м ²	γ^b , мДж/м ²
Зв'язуюче (полімер)	0-7,5	0-27
Наповнювачі		
Мінерали	0,02-22	30-3800
Деревина	0-8	1,5-60
Вуглецеві матеріали (зола)	0,001	67,4
Нанотрубки	1,5-2	18-20

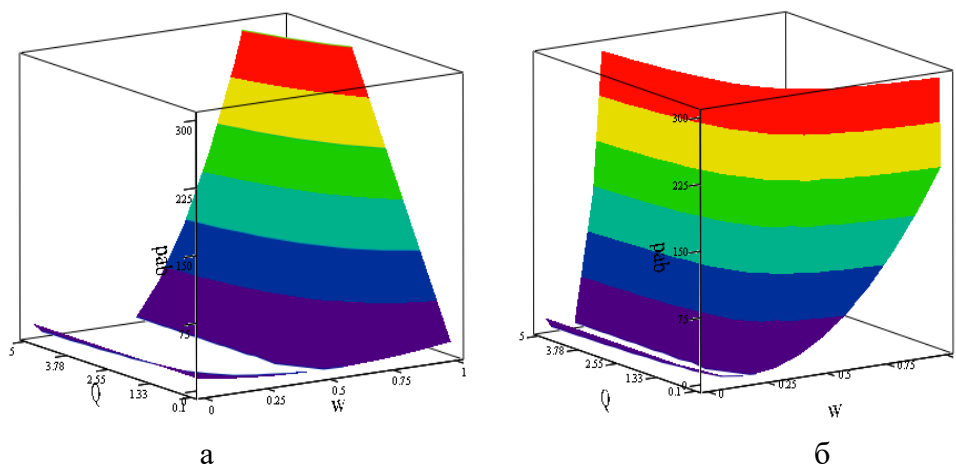


Рисунок 1 – Поверхні відгуку залежностей полярної (кисотно-лужної) складової ВПЕ наповнених полімерних матеріалів (γ^{ab}_s) від ω наповнювачів та величини Q для зв'язуючих з $\gamma^a_c = 1$ мДж/м²; $\gamma^b_c = 25$ мДж/м² і наповнювачів з: а – $\gamma^b_n = 50$ мДж/м²; б – $\gamma^b_n = 1000$ мДж/м²

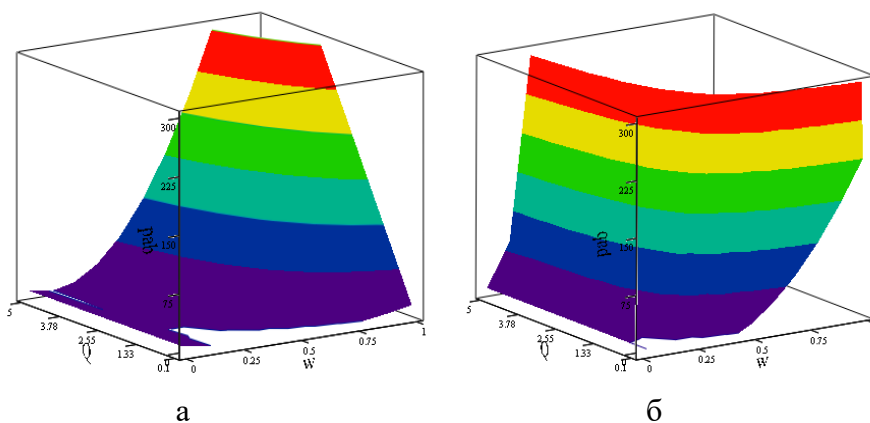


Рисунок 2 – Поверхні відгуку залежностей полярної (кисотно-основної) складової ВПЕ наповнених полімерних матеріалів (γ^{ab}_s) від ω наповнювачів та величини Q для зв'язуючих з $\gamma^a_c = 7$ мДж/м²; $\gamma^b_c = 1$ мДж/м² і наповнювачів з: а – $\gamma^b_n = 50$ мДж/м²; б – $\gamma^b_n = 1000$ мДж/м²

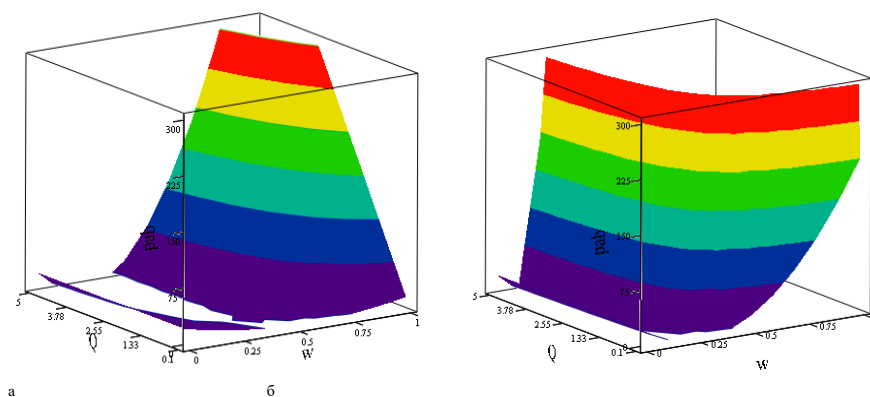


Рисунок 3 – Поверхні відгуку залежностей полярної (кисотно-лужної) складової ВПЕ наповнених полімерних матеріалів (γ^{ab}_s) від ω наповнювачів та величини Q для зв'язуючих з $\gamma^a_c = 5$ мДж/м²; $\gamma^b_c = 15$ мДж/м² і наповнювачів з: а – $\gamma^b_n = 50$ мДж/м²; б – $\gamma^b_n = 1000$ мДж/м²

Отримані графічні залежності дозволяють встановити деякі закономірності зміни полярної (кисотно-лужної) складової ВПЕ наповнених полімерних матеріалів (γ^{ab}_s) від кислотно-лужної поверхневої характеристики зв'язуючого полімеру та від об'ємної частки і кислотно-лужної природи поверхні неорганічних дисперсних наповнювачів. Усі залежності мають точку, у якій при певному вмісті наповнювача $\gamma^{ab}_s \approx 0$. Очевидно, що у даному випадку ВПЕ композиту характеризується виключно дисперсійною складовою. У цій точці при між фазній взаємодії полімеру і поверхні наповнювача відбувається певна «нейтралізація» кислотно-лужних функціональних груп зв'язуючого полімеру і наповнювача.

Так, на рис. 1 і 3 видно, що при мінімальних значеннях кислотної ($\gamma^a_c=1$ мДж/м² і $\gamma^a_c=5$ мДж/м²) і максимальних значеннях лужної ($\gamma^b_c=25$ мДж/м² і $\gamma^b_c=15$ мДж/м²) складових зв'язуючого при наповненні ($\omega < 0,5$) значення γ^{ab}_s знижуються, переходячи у від'ємну область. При наповненні ($\omega > 0,5$) значення γ^{ab}_s різко зростають в усьому спектрі Q. При цьому область від'ємних значень на рис. 1 є більшою ніж на рис. 3, очевидно, з причини того, що лужна складова зв'язуючого на рис. 1 $\gamma^b_c=25$ мДж/м² є більшою ніж лужна складова зв'язуючого на рис. 3 $\gamma^b_c=15$ мДж/м². Отже, можна зробити висновок, що область від'ємних значень кислотно-лужної складової ВПЕ, очевидно, пов'язана з утворенням матеріалів переважно з лужною поверхнею, а в області позитивних значень – з утворенням матеріалів переважно з кислотною поверхнею. Очевидно, що отримані графічні залежності можна поділити на три зони (області): першу графічну зону позитивних значень до точки $\gamma^{ab}_s \approx 0$; зону від'ємних значень та другу зону позитивних значень після точки $\gamma^{ab}_s \approx 0$. Отримання негативних значень γ^{ab}_s не суперечить загальноприйнятому уявленню.

МІЖНАРОДНО-ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАБОРОНИ ЯДЕРНОЇ ТА ХІМІЧНОЇ ЗБРОЇ: МІЖ ФОРМАЛЬНОЮ ЗАБОРОНОЮ ТА РЕАЛЬНОЮ ГЛОБАЛЬНОЮ ЗАГРОЗОЮ

*Каюмова В. О.,
Троцький Р. С.*

Національна академія внутрішніх справ

Проблема заборони ядерної та хімічної зброї є однією з ключових у системі сучасної міжнародної безпеки. Попри значний розвиток міжнародного права та формування глобальної системи контролю над озброєннями, загроза застосування або використання ядерної та хімічної зброї не втратила своєї актуальності. Навпаки, зростання геополітичної напруги, воєнні конфлікти та використання зброї масового ураження як інструменту політичного тиску актуалізують питання ефективності міжнародно-правових механізмів її заборони. Особливої ваги ця проблематика набуває в умовах сучасних збройних конфліктів, де ризик використання зброї масового ураження стає не лише військовим, а й цивілізаційним викликом для міжнародної спільноти. Події останніх років, зокрема повномасштабна збройна агресія проти України, супроводжуються ядерним шантажем, погрозами застосування тактичної ядерної зброї та створенням небезпеки для функціонування ядерних об'єктів, що підкреслює вразливість існуючої системи міжнародних гарантій безпеки [1].

Міжнародно-правове регулювання заборони ядерної та хімічної зброї сформувалося як відповідь світової спільноти на катастрофічні наслідки їх можливого застосування. Система міжнародних договорів у цій сфері спрямована на нерозповсюдження, обмеження, знищення відповідних видів озброєнь та встановлення механізмів міжнародного контролю. Базовим документом у сфері ядерного нерозповсюдження є Договір про нерозповсюдження ядерної зброї (1968 р.), який закріплює зобов'язання держав не передавати ядерну зброю, не набувати її та сприяти ядерному роззброєнню. Договір визнає п'ять офіційних ядерних держав – США, Велика Британія, Франція, Китай та Росія. Водночас окремі держави, зокрема Індія, Пакистан та Ізраїль, не приєдналися до договору, що створює прогалини в режимі нерозповсюдження [2]. Подальшим кроком стало ухвалення Договору про заборону ядерної зброї (2017 р.), який передбачає повну заборону розробки, виробництва, зберігання, погроз застосування та використання ядерної зброї. Документ активно підтримали держави Латинської Америки, Африки та частина європейських країн. Однак жодна з держав, що фактично володіють ядерними арсеналами, включаючи США, Росія та Китай, його не ратифікувала, що суттєво обмежує його практичний вплив [3]. У сфері заборони хімічної зброї ключовим міжнародним актом є Конвенція про заборону хімічної зброї (1993 р.), яка передбачає заборону виробництва і застосування хімічної зброї та обов'язкове знищення її запасів. Більшість держав світу приєдналися до Конвенції, а контроль за її виконанням здійснює Організація із заборони хімічної зброї. Водночас у практиці міжнародних відносин фіксувалися випадки застосування хімічних речовин у збройних конфліктах, зокрема на території Сирії, що засвідчує складність забезпечення повного дотримання міжнародних зобов'язань [4].

Наявність міжнародних договорів щодо заборони ядерної та хімічної зброї не усуває ризику їх потенційного застосування або використання відповідної загрози як інструменту політичного тиску. Події, пов'язані з повномасштабною збройною агресією проти України, демонструють суперечність між нормативно закріпленими міжнародними зобов'язаннями та фактичними процесами. Починаючи з 2022 року, на міжнародному рівні неодноразово фіксувалися публічні заяви представників держави-агресора щодо можливості застосування ядерної зброї. Такі заяви розцінюються як ядерний шантаж і суперечать базовим принципам міжнародного права, зокрема принципу незастосування сили та зобов'язанням у сфері нерозповсюдження ядерної зброї. Фактичне використання ядерної риторики як елементу стратегічного тиску підриває довіру до міжнародних механізмів стримування та демонструє обмеженість їх практичного впливу.

Окрему загрозу становить ситуація навколо Запорізької атомної електростанції – найбільшого ядерного об'єкта в Європі. Перебування збройних формувань на території атомної електростанції, обстріли прилеглих районів та пошкодження енергетичної інфраструктури створюють ризик радіаційної аварії міжнародного масштабу. У цьому контексті проблема набуває не лише військового, а й екологічного та гуманітарного характеру, оскільки потенційні наслідки можуть вийти за межі однієї держави [5].

Крім ядерної складової, особливе занепокоєння викликає систематичний характер ракетних і артилерійських обстрілів об'єктів цивільної інфраструктури та житлових кварталів. Ураження енергетичних об'єктів, систем водопостачання, лікарень та інших елементів критичної інфраструктури свідчить про зростання масштабів гуманітарних ризиків у сучасному збройному конфлікті. Така практика підвищує загрозу можливого використання засобів масового ураження як інструменту ескалації. Важливо підкреслити, що Україна добровільно відмовилася від ядерного арсеналу, приєднавшись до режиму нерозповсюдження, що мало на меті зміцнення міжнародної безпеки. Однак сучасна ситуація демонструє, що формальні міжнародні гарантії безпеки не завжди забезпечують належний рівень захисту від агресії та пов'язаних із нею загроз. Вказані обставини свідчать про те, що міжнародно-правова заборона ядерної та хімічної зброї, попри її нормативне закріплення, не гарантує автоматичного усунення загроз. Український досвід підтверджує, що стримувальний потенціал таких міжнародних механізмів значною мірою залежить від політичної волі держав, рівня їхньої відповідальності та ефективності міжнародних інструментів реагування [6].

Сформована у другій половині ХХ століття система міжнародно-правових заборон ядерної та хімічної зброї стала важливим елементом глобальної архітектури безпеки. Проте сучасні воєнно-політичні процеси засвідчили, що наявність нормативних обмежень сама по собі не гарантує їх ефективного дотримання. Повномасштабна агресія проти України, ядерний шантаж та загрози безпеці ядерних об'єктів продемонстрували вразливість існуючих міжнародних гарантій та недостатню дієвість механізмів реагування на порушення режиму нерозповсюдження. Український досвід актуалізує потребу системного перегляду підходів до забезпечення міжнародної безпеки. Йдеться не лише про збереження формальних заборон, а про створення реальних механізмів примусу до їх виконання, посилення міжнародної відповідальності за ядерний шантаж та загрозу застосування зброї масового ураження, а також удосконалення інструментів колективної безпеки. Реформування міжнародної безпечної архітектури має бути спрямоване на забезпечення невідворотності наслідків для держав, що порушують фундаментальні принципи міжнародного права.

ЛІТЕРАТУРА

1. Товариство Червоного Хреста України. Міжнародне гуманітарне право та ядерна зброя: ризики від розміщення та наслідки застосування. URL: <https://redcross.org.ua/news/2025/04/110946/> (дата звернення 13.02.2026).
2. Конвенція про заборону розробки, виробництва, накопичення, застосування хімічної зброї та про її знищення : Закон України від 13.01.1993 № 995-182. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_098#Text (дата звернення 13.02.2026).
3. Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons: United Nations, 07.07.2017. URL: https://treaties.un.org/doc/Treaties/2017/07/20170707%2003-42%20PM/Ch_XXVI_9.pdf (дата звернення 13.02.2026).
4. Конвенція про заборону хімічної зброї : Закон України від 13.01.1993 № 995/182. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_182#Text (дата звернення 13.02.2026).
5. Центр протидії дезінформації при РНБО України. Що стоїть за обстрілами ЗАЕС. <https://cpd.gov.ua/articles/shho-stoyit-za-obstrilamy-zaes/> (дата звернення 15.02.2026).
6. Office of the United Nations High Commissioner for Human Rights. Protection of civilians in armed conflict in Ukraine (December 2025). URL: https://ukraine.ohchr.org/sites/default/files/2026-01/Ukraine%20-%20protection%20of%20civilians%20in%20armed%20conflict%20%28December%202025%29_UKR.pdf (дата звернення 15.02.2026).

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДВОШАРОВОЇ СИСТЕМИ
ЛЕГКИЙ СИПКИЙ МАТЕРІАЛ – ШВИДКОТВЕРДІЮЧА ПІНА**

*Кірсєв О. О.¹, д.т.н., професор,
Гапон Ю. К.², к.т.н., доцент,
Трефілова Л. М.¹, д.ф.-м.н., професор,
Журбинський Д. А.¹, к.т.н., доцент*

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Гасіння легкозаймистих рідин (ЛЗР) є однієї з найбільш складних задач в пожежогасінні. Нормативні документи різних країн світу пропонують в якості основного засобу гасіння ЛЗР використовувати різного виду піни. Але вогнегасні піни мають ряд недоліків. Одним з основних недоліків вогнегасних пін є їх самовільне руйнування та руйнування під дією теплового випромінювання полум'я. Ще одним з недоліків багатьох видів пін є швидке їх руйнування в разі контакту з полярними рідинами. Це викликало потребу розробки пін спеціального призначення. Але такі піни малоефективні в разі їх використання для гасіння неполярних рідин.

До нових методів гасіння горючих рідин відноситься швидкотвердіючі піни (ШТП) [1], які раніш було запропоновано для ізоляції розливів токсичних рідин. Але ШТП мають недолік – вони поступово занурюються в рідину. Для подолання цього недоліку пропонується наносити ШТП на шар подрібненого піноскла (ПС) з розміром гранул

10–25 мм. Насипна густина обраного піноскла склала 98 кг/м^3 , а плавучість в більшості рідин 48–57%. Склад піноутворюючої композиції було обрано такий $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ (9%) + NaHCO_3 (9%) + 6% ПУ + 0,5% КМЦ. Це забезпечило час втрати текучості ШТП 60 ± 10 с.

Лабораторна методика визначення вогнегасної здатності системи ПС+ШТП була розроблена на основі об'єднання двох методик – гасіння системами ПС + перліт і гасіння ШТП (рис. 1).



а



б

Рисунок 1 – Проведення експерименту з гасіння ЛЗР: а – подавання ШТП на поверхню ПС, б – припинення горіння бензину

Як лабораторне модельне вогнище було обрано металічну циліндричну ємність з внутрішнім діаметром 11,2 см і висотою 11,0 см. В нього заливалось 110 мл

легкозаймистої рідини. Рідина підпалювалась і через 1 хвилину засипався базовий шар ПС висотою 4 см. На нього по похилому жолобу рівномірно подавалась ШТП до моменту припинення горіння.

Вогнегасна маса шару ШТП в разі гасіння бензину склала 16 г, що відповідає висоті шару ШТП $\sim 1,5$ см. В разі гасіння етанолу витрати ШТП склала 5,5 г, що відповідає висоті шару ШТП 0,5 см.

Експериментальні результати для вогнегасної системи ПС+ШТП представлені в таблиці 1. Також для порівняння в таблиці наведено відповідні результати отримані на такому же модельному вогнищі наступними засобами пожежогасіння на основі сипких матеріалів: ПС, ПС+H₂O, ПС+перліт, ПС+перліт+H₂O [2, 3].

Таблиця 1 – Висоти (Н) та маси (М) сипких матеріалів, води і ШТП які потрібні для гасіння етанолу і бензину

Вогнегасна система	ПС	ПС+H ₂ O	ПС+перліт	ПС+перліт+H ₂ O	ПС+ШТП
Етанол					
Н, см	7	5+0,1	4+1	4+0,5+0,1	4+0,5
М, кг/м ²	7,4	5,3+1=6,3	4,2+1,6=5,8	4,2+0,8+1=6,0	4,2+0,6=4,8
Бензин					
Н, см	11	9+0,1	4+2	4+1+0,1	4+1,5
М, кг/м ²	11,6	9,5+1=10,5	4,2+3,3=7,5	4,2+1,7+1=6,9	4,2+1,8=6,0

Отже, у роботі обґрунтовано доцільність застосування двошарової вогнегасної системи на основі ПС+ШТП для гасіння ЛЗР. Показано, що шар ПС забезпечує плавучість вогнегасної системи на поверхні горючих рідин, тоді як верхній шар ШТП зі складом Na₂O·2,5SiO₂ (9 %)+NaHCO₃ (9 %)+6% ПУ+0,5 % КМЦ формує ефективний ізолювальний бар'єр між зоною горіння та навколишнім середовищем.

Експериментально визначено плавучість ПС в бензині та етанолі, а також його насипну густину, що підтверджує можливість стабільного використання матеріалу як базового шару вогнегасної системи. На основі розробленої лабораторної методики встановлено вогнегасну здатність обраної системи під час гасіння як неполярної рідини бензину, так і полярної рідини етанолу.

Встановлено, що серед вогнегасних систем на основі легких сипких матеріалів система ПС+ШТП демонструє найвищу ефективність під час гасіння легкозаймистих рідин. Разом з тим показано, що для гасіння висококиплячих рідин найбільш ефективними є вогнегасні системи на основі сухого або змоченого ПС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kireev, A., Kirichenko, I., Petukhov, R., Sharshanov, A., Tarakho, O. (2021). Modeling the insulation properties of multicomponent solid foam-like material based on gel – forming systems. *Functional materials*. 28. 3. 549–555.
2. Makarenko, V., Kireev, A., Slepuzhnikov, Y., Hovalenkov, S. (2023). Properties of multi-component fire extinguishing systems based on light bulk materials. *Key Engineering Materials*. 954. 177–184.
3. Бабашов І. Б., Дадашов І. Ф., Кіреєв О. О., Савченко О. В., Мусаєв М. Є. Результати визначення вогнегасних характеристик легких сипких матеріалів при гасінні етанолу. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2023. № 1(37). С. 250–263.

ФОРТИФІКАЦІЙНА МІЦНІСТЬ: РОЛЬ БЕТОНІВ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ

Коліщак В. Р.,

Іщенко І. І.,

Школяр Є. В., к.психол.н.,

Мотрічук Р. Б., PhD

Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах воєнних дій на території України особливого значення набуває забезпечення надійності та довговічності фортифікаційних споруд. Одним із ключових матеріалів для створення укриттів, бліндажів, вогневих позицій, опорних пунктів, захисних стінок та інженерних бар'єрів залишаються бетони та залізобетон. Їхня здатність витримувати значні механічні, динамічні та термічні навантаження визначає ефективність захисних конструкцій у реальних бойових умовах.

Сучасні дослідження в галузі будівельних матеріалів підтверджують, що правильно підібраний склад бетону, структура арматури та технологія виготовлення конструкцій істотно підвищують рівень захисту й опірність руйнуванню [1–4].

Однією з основних властивостей, важливих для фортифікаційних споруд, є висока міцність бетону на стиск. Це дозволяє матеріалу ефективно протистояти статичним і імпульсним навантаженням, які виникають під час вибухів або обстрілів. Додавання мінеральних і хімічних модифікаторів, мікронаповнювачів та пластифікаторів дозволяє підвищити щільність структури та зменшити кількість пор, що збільшує опір бетону проникненню вологи й морозному руйнуванню. Такі добавки дозволяють суттєво збільшити тривалість експлуатації конструкцій та їхню стійкість у складних кліматичних і бойових умовах [3].

Значну роль у забезпеченні фортифікаційної міцності відіграє також залізобетон. Завдяки поєднанню бетону, що добре працює на стиск, та арматури, що ефективно сприймає розтяг, залізобетонні конструкції здатні витримувати значні деформації та динамічні удари. Під час дії вибухової хвилі важливою є здатність матеріалу поглинати енергію та запобігати утворенню крихких руйнувань. Раціональні схеми армування, підсилення напружених зон, застосування сталевих сіток та фібри значно підвищують тріщиностійкість матеріалу, що забезпечує збереження цілісності споруд навіть при значних перевантаженнях та імпульсних впливах [1–4].

У процесі будівництва фортифікацій важливо контролювати та оцінювати поведінку бетонних конструкцій за умов високих температур. Під дією пожеж, термобаричних боєприпасів та запальних засобів температура в зоні ураження може перевищувати 600–800 °С. У таких умовах відбуваються дегідратація цементного каменю, зниження міцності й утворення тріщин. За даними досліджень, бетон зберігає частину несучої здатності до температури 250–300 °С, проте подальше нагрівання може призводити до вибухового руйнування матеріалу [1]. Використання вогнестійких добавок, термостабілізуючих компонентів та спеціальних багатошарових рішень допомагає значно знизити ризики руйнування споруд [1–4].

Ще одним значущим аспектом є підвищення довговічності фортифікаційних споруд, що повинні зберігати працездатність протягом тривалого часу без можливості повноцінного технічного обслуговування. Для цього застосовуються бетони підвищеної водонепроникності, морозостійкості та стійкості до агресивних середовищ. В умовах бойових дій споруди часто контактують із ґрунтовими водами, хімічними реагентами, продуктами горіння та вибухів. Тому використання цементів з мінеральними добавками,

модифікованих сумішей та спеціалізованих видів цементу є перспективним напрямом підвищення загальної надійності конструкцій [2–4].

Впровадження сучасних технологій, таких як високоякісні фібробетони, дрібнозернисті склади або самоущільнювальні суміші, дозволяє суттєво покращити експлуатаційні характеристики фортифікаційних споруд. Фібробетон, зокрема, забезпечує високу енергоємність руйнування та підвищує ударну міцність конструкцій, що є критично важливим під час артилерійських обстрілів та авіаударів [1–3].

Таким чином, застосування бетонів та залізобетонів у військовому будівництві забезпечує створення надійних, довговічних та ефективних фортифікаційних споруд.

Висока стійкість фортифікаційних споруд забезпечується використанням залізобетону. Комбінація властивостей бетону та арматури гарантує витривалість конструкцій до динамічних та імпульсних впливів. Застосування сучасних методів підсилення (фібри, сіток та раціонального армування) мінімізує ризик появи тріщин. Це дозволяє будівлям поглинати енергію удару та залишатися функціональними навіть після потужної вибухової дії.

Живучість фортифікаційних споруд досягається через здатність залізобетону поглинати енергію вибуху без втрати цілісності. Застосування фібробетону та підсилення напружених зон мінімізує ризик крихкого руйнування. Комбінована робота сталі та бетону дозволяє конструкціям зберігати несучу здатність навіть за умов надлишкового тиску та інтенсивних імпульсних впливів.

Додавання спеціальних інгібіторів корозії в такий бетон захищає внутрішню арматуру. Навіть якщо з'явиться мікротріщина від обстрілу, метал усередині не почне іржавіти, зберігаючи цілісність усього «скелета» споруди.

Залізобетон є базовим матеріалом фортифікації завдяки синергії бетону (опір стисненню) та арматури (сприйняття розтягу). Це забезпечує стійкість споруд до значних деформацій та динамічних ударів. Використання раціонального армування, сталевих сіток і фібри підвищує тріщиностійкість та енергопоглинання матеріалу, що запобігає крихкому руйнуванню конструкцій під дією вибухової хвилі та імпульсних навантажень. Комплексне використання сучасних добавок, правильний вибір арматури, оптимізація складу бетонної суміші та врахування реальних бойових умов дозволяють суттєво підвищити рівень захисту особового складу й техніки. Завдяки доступності матеріалів, швидкості зведення та високим характеристикам міцності бетон і залізобетон залишаються основою оборонної інфраструктури України.

В умовах повномасштабної війни в Україні критично важливим аспектом є гарантування міцності та тривалої експлуатації фортифікаційних об'єктів. Бетон і залізобетон залишаються базовими матеріалами для зведення захисної інфраструктури – від бліндажів до опорних пунктів. Ефективність таких споруд у бою безпосередньо залежить від здатності цих матеріалів поглинати механічні удари, динамічні коливання та термічний вплив.

Це твердження є ключовим для сучасної військової інженерії. Якщо раніше ставку робили на масивність (товщину стін), то сьогодні фокус змістився на високотехнологічні характеристики матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Осипенко В. І., Поздєєв С. В. Будівельні матеріали та їх поведінка при дії високих температур. Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2009. 160 с.
2. Колпаков В. М. Будівельні конструкції: конспект лекцій. Київ: Ліра-К, 2021. 146 с.
3. Пахаренко В. О., Пахаренко В. В., Яковлева Р. А. Пластифікатори в будівництві. Київ : Видавництво Ліра-К, 2016. 352 с.
4. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Барановський В. Б. та ін. Будівельні матеріали. Київ : Видавництво Ліра-К, 2012. 624 с.
5. Чехов А. П., Середін С. В. Довідник по бетонах та розчинах. Київ : Будівельник, 1987. 757 с.

ВПЛИВ ЗНЕЖИРЕННЯ АЛЮМІНІЄВОЇ ФОЛЬГИ НА АДГЕЗІЮ ТА ФОРМУВАННЯ ДЕФЕКТІВ У СТІЛЬНИКОВИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ

Кондратьєв А. В.¹, д.т.н., професор,

Мельніков С. М.², к.т.н., доцент,

Набокін Т. П.², к.т.н., доцент

¹*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,*

²*Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»*

Алюмінієві стільникові заповнювачі є одним із ключових елементів сучасних легких конструкцій, що широко застосовуються в авіаційній, транспортній та будівельній галузях. Їх висока питома жорсткість, ефективність розподілу навантажень і здатність до поглинання енергії визначають їх переваги порівняно з традиційними матеріалами. Разом з тим, експлуатаційні характеристики таких конструкцій у значній мірі визначаються якістю клейового з'єднання між шарами алюмінієвої фольги [1].

Одним із найбільш критичних етапів технологічного процесу виготовлення стільникових заповнювачів є знежирення фольги [2]. Саме на цьому етапі формується фізико-хімічний стан поверхні, який визначає змочуваність, адгезійну здатність та, в кінцевому підсумку, міцність з'єднання. Наявність навіть тонких залишкових забруднень або антиадгезійних плівок призводить до істотного зниження адгезії

Складність проблеми полягає в тому, що дефекти, пов'язані з неякісним знежиренням, мають прихований характер. Вони не проявляються безпосередньо після обробки, а виявляються на наступних стадіях – під час нанесення клею, формування стільникової структури або експлуатаційного навантаження [3, 4]. Це обумовлює стохастичний характер їх розподілу та ускладнює контроль якості.

Метою роботи є розроблення науково обґрунтованого підходу до оцінювання якості знежирення алюмінієвої фольги на основі характеристик змочуваності, а також встановлення кількісного зв'язку між параметрами поверхні, адгезійними властивостями та формуванням дефектів у стільникових конструкціях.

В основу дослідження покладено використання змочуваності як інтегрального показника стану поверхні. Змочуваність відображає енергетичний стан межі поділу фаз і визначає здатність рідини розтікатися по твердій поверхні, що безпосередньо пов'язано з адгезійними процесами.

Оскільки пряме вимірювання контактного кута в промислових умовах є складним, запропоновано непрямий метод, заснований на аналізі геометричних параметрів краплі. Розроблено математичну модель, яка описує форму краплі як сферичного сегмента з урахуванням її об'єму та радіуса розтікання.

На основі цієї моделі отримано аналітичну залежність між діаметром плями розтікання та контактним кутом. Це дозволяє перейти від складних фізико-хімічних параметрів до простого технологічного показника – діаметра розтікання краплі, який може бути легко виміряний у виробничих умовах.

Для забезпечення достовірності оцінювання запропоновано методику статистичного контролю, що передбачає нанесення множини крапель у декількох поперечних перерізах рулону фольги. Такий підхід дозволяє врахувати можливу неоднорідність поверхні та виявити локальні дефекти очищення.

Аналіз показав, що адгезійні характеристики системи «клей – алюмінієва фольга» є надзвичайно чутливими до змін змочуваності. Навіть незначні варіації контактного кута можуть призводити до суттєвого зниження роботи адгезії та міцності з'єднання.

Разом з тим встановлено, що функціональна залежність між змочуваністю та адгезією має нелінійний характер і характеризується наявністю максимуму. Це означає, що надмірне прагнення до ідеального змочування не є необхідним з технологічної точки зору.

У зв'язку з цим запропоновано використовувати пороговий критерій, який передбачає, що мінімальний діаметр розтікання краплі не повинен бути меншим за еталонне значення, визначене для якісно знежиреної поверхні. Такий підхід дозволяє суттєво спростити процедуру контролю та підвищити її надійність.

Особливу увагу приділено впливу локальних неоднорідностей поверхні. Встановлено, що навіть при задовільних середніх значеннях змочуваності наявність окремих зон із поганим змочуванням призводить до формування осередків дефектів. Ці зони виступають як ініціатори руйнування, що проявляється у вигляді неповного склеювання, локального відшарування та деформації комірок стільникової структури.

Таким чином, контроль мінімального значення діаметра розтікання є більш інформативним, ніж використання середніх значень, оскільки дозволяє врахувати найгірші ділянки поверхні.

У роботі також досліджено альтернативний підхід, що поєднує процеси знежирення та анодного оксидування. Така комбінована технологія забезпечує комплексний вплив на поверхню: з одного боку – ефективно видалення забруднень, з іншого – формування функціонального оксидного шару.

Оксидний шар сприяє підвищенню поверхневої енергії та створює розвинену мікрорельєфну структуру, що покращує механічне зачеплення клею. Крім того, він виконує захисну функцію, підвищуючи корозійну стійкість матеріалу.

Експериментальні результати показали, що застосування даної технології дозволяє підвищити міцність на відрив у два рази порівняно зі стандартним процесом знежирення. Це свідчить про синергетичний ефект поєднання фізико-хімічного очищення та модифікації поверхні.

Отримані результати мають важливе практичне значення для вдосконалення технологій виробництва стільникових конструкцій та підвищення їх надійності в експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Qi, C., Jiang, F., Yang, S. (2021). Advanced honeycomb designs for improving mechanical properties: A review. *Compos. Part B Eng.* 227. 109393.
2. Wang, Z. G. (2019). Recent advances in novel metallic honeycomb structure. *Compos. Part B Eng.* 166. 731–741.
3. Melnikov, S., Taranenko, I., Nabokina, T., Kondratiev, A. (2024). Process-induced stresses and deformations of hobe block during shrinkage and cooling. In: *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2023. ICTM 2023. Lecture Notes in Networks and Systems.* 1008. 91–101.
4. Wang, Z. G., Li, Z. D., Zhou, W., Hui, D. (2018). On the influence of structural defects for honeycomb structure. *Compos. Part B Eng.* 142. 183–192.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ГЕТЕРОГЕННИХ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ ДЕРЕВИНИ ПРИ СТАТИЧНОМУ ЗГИНІ

Мазурчук С. М., к.т.н., доцент,

Семенов І. К.,

Горбачова О. Ю., к.т.н., доцент,

Ломага В. В., PhD

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасне меблеве виробництво з масиву деревини висуває жорсткі вимоги до надійності адгезійних з'єднань, які є критичною ланкою в забезпеченні довговічності багат шарових конструкцій. Ефективність склеювання визначається складною синергією анатомічної будови деревини, хімічної природи адгезивів та технологічних параметрів пресування [1, 2]. Особливу складність становить створення гетерогенних систем, де поєднання порід із різною щільністю (наприклад, хвойних і твердолистяних) дозволяє оптимізувати вагу виробу, але створює ризики локальної концентрації напружень через анізотропію та різницю в гігроскопічності матеріалів. Оскільки вплив вектора навантаження на цілісність таких комбінованих з'єднань залишається недостатньо вивченим [3, 4], виникає гостра потреба в систематизації чинників, що впливають на кінетику руйнування ПВА- та PUR-систем.

Актуальність дослідження підсилюється необхідністю переходу до ресурсозберігаючих технологій. Комбінування різних порід, наприклад хвойних і твердолистяних, дозволяє оптимізувати вагу та підвищити несучу здатність конструкції, проте потребує точного розуміння механіки роботи клейового шва. Метою роботи стало встановлення кількісних закономірностей впливу комбінацій деревних порід (сосна, дуб, клен) та типів адгезивів (ПВА класу D3 та PUR класу D4) на міцність, енергоємність та характер руйнування елементів при статичному згині.

Дослідження механічних властивостей гетерогенних з'єднань деревини (сосна, дуб, клен) із використанням ПВА та PUR адгезивів виявило суттєві відмінності в їхній роботі під навантаженням. Встановлено, що комбінація твердих порід (дуб + клен) на базі ПВА забезпечує найвищу статичну міцність (10,6 МПа) та жорсткість. Проте така система є надто чутливою до напрямку сили. Тобто зміна вектора навантаження призводить до втрати міцності на 44 %. Це пояснюється крихкістю ПВА-шва, який формує жорстку склоподібну структуру.

На противагу цьому, використання поліуретанового клею (PUR) дозволяє практично повністю нівелювати анізотропний ефект. Різниця в міцності при різних напрямках сили становить лише 0,75 %. PUR-адгезиви працюють як «в'язкий місток», що релаксує напруження між шарами з різними модулями пружності. Зокрема, у групі «сосна + клен» застосування PUR-клею дозволило досягти модуля пружності до 5016 МПа, що на 15–20 % вище за ПВА-аналоги (табл. 1).

Важливим аспектом є роль сосни як демпфувального шару, що у поєднанні з еластичним PUR-клеєм забезпечує переміщення до 30 мм до моменту повного руйнування. Такі системи демонструють у 1,5–2 рази вищу енергоємність (до 93,3 Дж) і здатність зберігати залишкову несучу здатність на рівні 3000–3400 Н навіть після піку навантаження.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика клейових систем

Характеристика	ПВА-системи (D3)	PUR-системи (D4)
Пікова міцність, σ	Максимальна (до 10,6 МПа) у твердих породах	Стабільна середня (близько 4,0 МПа)
Чутливість до вектора сили	Висока (втрата міцності до 44 %)	Мінімальна (відхилення лише 0,75 %)
Характер руйнування	Крихке, миттєвий спад навантаження	В'язке, безпечний сценарій деформування
Енергоємність, А	Низька (середня 34,1–65,0 Дж)	Висока (максимум до 93,3 Дж)
Модуль пружності, Е	Базовий для даної породи	Підвищений на 15–20 % у гетерогенних парах
Залишкова міцність	Практично відсутня після руйнування	Зберігається на рівні 3000–3400 Н
Рекомендована сфера	Жорсткі статичні вузли меблів	Динамічні вузли, адаптивні конструкції

Отримані дані дозволяють диференційовано підбирати клейові системи для меблевих конструкцій. Так, ПВА рекомендовано для високонавантажених статичних вузлів із постійним вектором сили, тоді як PUR – для адаптивних з'єднань, що потребують високої в'язкості та безпечного сценарію руйнування. Стратегічна заміна щільних порід сосною у зонах низьких напружень дозволяє знизити матеріалосміність виробів без втрати їхньої надійності.

Перспективи подальших досліджень полягають у модифікації параметрів попередньої обробки поверхонь для покращення адгезії та встановленні стандартизованих критеріїв вибору армування деревини. Особливу увагу в майбутньому варто приділити вивченню втомної міцності таких систем під дією циклічних температурно-вологісних коливань, що дозволить створити цифрові моделі прогнозування довговічності меблів у реальних умовах експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hänsel, A., Sandak, J., Sandak, A., Mai, J., Niemz, P. (2021). Selected previous findings on the factors influencing the gluing quality of solid wood products in timber construction and possible developments: a review. *Wood Material Science and Engineering*. 17. 230–241. DOI: 10.1080/17480272.2021.1925963
2. Hunt, C. G., Frihart, C. R., Dunky, M., Rohumaa, A. (2018). Understanding wood bonds—going beyond what meets the eye: a critical review. *Progress in Adhesion and Adhesives*. 6(4). 369–463. DOI: 10.1002/9781119625322.ch8
3. Li, X., Ashraf, M., Kafle, B., Subhani, M. (2023). Effect of fibre orientation on the bond properties of softwood and hardwood interfaces. *Buildings*. 13(4). 1011. DOI: 10.3390/buildings13041011
4. Kulman, S., Boiko, L., Bugaenko, Ya., Zagursky, I. (2019). Finite element simulation the mechanical behaviour of prestressed glulam beams. *Scientific Horizons*. 83(10). 72–80. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-83-10-72-80

НЕБЕЗПЕКА ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЇХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ

*Рилєєв Д. Р.,
Степаненко В. О., PhD*

Національного університету цивільного захисту України

У сучасному світі, який характеризується стрімким розвитком промисловості та широким впровадженням хімічних технологій у всі сфери життєдіяльності, проблема забезпечення безпеки потенційно небезпечних виробництв набуває безпрецедентної актуальності. Хімічна промисловість відіграє ключову роль в економіці, проте підприємства цієї галузі характеризуються наявністю великої кількості небезпечних, токсичних та вибухопожежонебезпечних речовин, що обертаються в складних технологічних апаратах за умов високого тиску та критичних температур. Забезпечення техногенної безпеки на таких об'єктах є одним із пріоритетних завдань для Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), підрозділи якої першими стикаються з катастрофічними наслідками промислових збоїв та здійснюють складні заходи з ліквідації хімічних аварій, розгортання постів радіаційного і хімічного спостереження та проведення деконтамінації територій. Відповідно до базових норм Закону України «Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією», головною метою державної політики у цій сфері є комплексний захист здоров'я людей та навколишнього природного середовища від згубного впливу небезпечних хімічних речовин, а також запобігання виникненню хімічних інцидентів [1]. Небезпека виникнення аварій під час проведення хімічних процесів має багатовимірний характер і зумовлена як внутрішніми технологічними факторами, так і зовнішніми загрозами. Як показує світовий та вітчизняний досвід, запобігання великим хімічним аваріям не може обмежуватися виключно дотриманням стандартних регуляторних вимог, а вимагає глибокого розуміння першопричин можливих збоїв, що детально розглядається у загальних навчальних матеріалах щодо безпеки хімічних виробництв [2]. Історичний досвід свідчить, що будь-яке ігнорування правил безпеки, зношеність обладнання або відсутність належної теоретичної бази та розуміння фізико-хімічних закономірностей неминуче перетворює хімічний об'єкт на джерело колосальної техногенної загрози.

Аналіз причин аварій у хімічній промисловості переконливо доводить, що переважна більшість інцидентів (близько 81 відсотка) безпосередньо пов'язана з порушеннями під час ведення безпосередньо хіміко-технологічних процесів, причому значна частина з них супроводжується вибухами всередині апаратури та викидами горючих або токсичних продуктів у довкілля. Основна небезпека криється у специфіці самих масообмінних, теплових чи гідромеханічних процесів: порушення матеріального або теплового балансу, відмова систем охолодження, перегрів реакційної маси або потрапляння до апаратів низькокиплячих рідин призводять до різкого стрибка тиску та руйнування обладнання [3]. Особливу загрозу становлять процеси, в яких беруть участь нестабільні сполуки або використовуються реактори з екзотермічними реакціями, де навіть незначне передозування каталізатора чи ініціатора може спричинити самоприскорюване теплове розкладання речовини і неминучий тепловий вибух [2]. Водночас, окрім суто внутрішніх технологічних відмов, критичним фактором ризику сьогодні стають зовнішні втручання та кримінальні дії, такі як вандалізм, саботаж чи крадіжки зі зломом. Офіційні дані Агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA) свідчать про реальні випадки, коли через несанкціоноване проникнення сторонніх осіб на територію підприємств виникали масштабні катастрофи: наприклад, підпал

залишеного охолоджуватися нафталіну призвів до неконтрольованої пожежі на десятках гектарів промислової забудови зі збитками у сотні мільйонів доларів, а пошкодження зловмисниками вентилів на складах з аміаком ставало причиною масових отруєнь та екстреної евакуації цілих населених пунктів [4]. Усе це вказує на те, що пожежовибухонебезпека хімічних реакторів і сховищ визначається не лише фізико-хімічними властивостями реагентів, але й надійністю апаратурного оформлення, стійкістю матеріалів до корозії та ерозії, а також рівнем захищеності об'єкта від стороннього некваліфікованого або зловмисного втручання.

Підсумовуючи вищевикладене, можна з абсолютною впевненістю стверджувати, що дієве попередження аварій при проведенні хімічних процесів вимагає впровадження комплексної, багаторівневої системи безпеки, яка гармонійно поєднує інженерно-технологічні, нормативно-правові та організаційно-охоронні заходи. На технологічному рівні першочерговим завданням є оснащення хімічних реакторів та трубопроводів надійними автоматизованими системами контролю і регулювання критичних параметрів (температури, тиску, рівня рідини), встановленням швидкодіючих клапанів-відсікачів, запобіжних мембран та вибухових клапанів, а також суворим дотриманням ізотермічних режимів там, де це передбачено технологією [3]. З точки зору державного регулювання, підприємства зобов'язані неухильно виконувати законодавчі вимоги щодо управління хімічною продукцією, забезпечуючи належну ідентифікацію об'єктів підвищеної небезпеки та розробку планів локалізації аварій [1]. Водночас керівництво підприємств зобов'язане усвідомлювати, що гарантування безпеки неможливе без забезпечення суворого режиму фізичної охорони промислових майданчиків: від встановлення важких сталевих захисних куполів на залізничних цистернах з високотоксичним хлором до впровадження сучасних систем відеоспостереження та контролю доступу для запобігання диверсіям і крадіжкам [4]. Лише синергія жорсткої виробничої дисципліни, бездоганного технічного обслуговування обладнання, постійного моніторингу технологічних процесів та високого рівня фізичної захищеності території дозволить звести до мінімуму ризики виникнення масштабних техногенних катастроф.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією : Закон України від 01.12.2022 № 2804-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2804-20#Text> (дата звернення: 20.03.2026).
2. Небезпека виникнення аварій при проведенні хімічних процесів та їх попередження. <https://studfile.net/preview/5740093/> (дата звернення: 20.03.2026).
3. Безпека потенційно небезпечних технологій та виробництв : курс лекцій / Національний університет цивільного захисту. (дата звернення: 20.03.2026).
4. Chemical Safety Alert: Site Security. www.epa.gov/ceppo/ (дата звернення: 20.03.2026).

ГЕЛЕУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ ГІБРИДНИЙ СИЛІКАЗОЛЬ - ФОСФОРОВМІСНІ ДОБАВКИ

Скородумова О. Б., д.т.н., професор,

Чернуха А. А., к.т.н., доцент,

Лисак Н. М.,

Русенко К. О.

Національний університет цивільного захисту України

Проблеми збереження життя та здоров'я людини завжди будуть актуальними у час бурхливого розвитку галузей виробництва та тісно пов'язані з екологічною обстановкою в світі. Розвиток сучасної хімії дозволив віднайти суперфективні антипірени нового покоління, які значно підвищують вогнезахист текстильних, полімерних та будівельних оздоблювальних матеріалів та знижують пожежонебезпеку в місцях великого скупчення людей. Одним з шляхів зниження пожежонебезпеки є використання антипіренів в складах вогнезахисних композицій. Але з розвитком технології антипіренів виникла проблема захисту навколишнього середовища: як виявилось, під час утилізації захищених сучасними антипіренами матеріалів, в повітря виділяються токсичні напівпродукти їх терморозкладання.

Відомості про використання сучасних вогнезахисних композицій широко представлені в технічній літературі. Найчастіше використовують композиції, які підвищують об'єм коксового залишку у разі дії високих температур на тканину. Інший шлях підвищення вогнезахисту тканини – використання просочувальних композицій, які запобігають загорянню тканини. При цьому основною проблемою є забезпечення еластичності, м'якості та збереження зовнішнього вигляду тканини.

Будівельні оздоблювальні матеріали, такі як деревина, навпаки зазвичай модифікують інтумесцентними складами, які забезпечують теплоізоляцію матеріалу під час пожежі, спучуючись та утворюючи високопоруватий шар покриття. Синтетичні, наприклад, пінополістирольні матеріали захищають, додаючи в їх склад різні антипіренові композиції для створення самозатухаючого ефекту при контакті з вогнем.

Зазвичай для створення вогнезахисних композицій для текстильних, полімерних та будівельних оздоблювальних матеріалів використовують кремнійорганічні сполуки різного ступеню поліконденсації. Для підвищення вогнезахисної дії у композиції вводять модифікуючі добавки на основі фосфор-, галоген- та нітрогеновмісних сполук здатних створювати синергічний ефект.

З урахуванням викладеного представляється логічним розробити універсальні вогнезахисні композиції, які не погіршують екологічну обстановку в світі.

В попередніх дослідженнях ми запропонували використовувати як прекурсор силіксованої структури рідке скло, основним компонентом якого є силікат натрію.

Для отримання золю кремнекислоти проводили обмінну реакцію між силікатом натрію і оцтовою кислотою, в результаті якої додатково утворювався оцтовий буферний розчин $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$, який стабілізував рН утвореної композиції близько 5–6 і забезпечував її текучість та живучість.

Як модифікуючі добавки використовували такі фосфоровмісні речовини: ортофосфатну кислоту, гексаметафосфат натрію, діамоній гідрофосфат, та амоній дігідрофосфат.

В даній роботі розглянуто механізми утворення зв'язку Si–O–P в залежності від процесів гелеутворення в золях SiO_2 та стеричних особливостей фосфоровмісних добавок.

Ортофосфатну кислоту можна представити у вигляді структурної формули: $(\text{HO})_3\text{P}=\text{O}$. Наявність трьох ол-груп передбачає можливість їх участі у процесі поліконденсації під час старіння золю SiO_2 за рахунок конденсації з ол-групами колоїдних частинок кремнекислоти. Ймовірно, можливі два варіанти додавання модифікуючих добавок в золі SiO_2 : під час формування силоксанового ланцюга в процесі утворення золю кремнекислоти та під час його дозрівання.

В першому варіанті вбудовування фосфат-іонів відбувається під час зростання силоксанового ланцюга за рахунок процесу поліконденсації первинних частинок кремнекислоти. Такий варіант реалізується у разі використання фосфоровмісних молекул порівняно простої будови, наприклад, ортофосфатної кислоти або її солей. Якщо в структуру силоксанового каркасу вбудовується сіль ортофосфатної кислоти, наприклад, амоній дигідрофосфат, можливо 2 варіанти вбудовування солі: по ол-групі або по амонійній групі $-\text{ONH}_4$.

Якщо вбудовування в силоксановий ланцюг полікремнієвої кислоти відбувається по амонійній групі, виділяється NH_4OH , що приводить до збільшення рН золю.

У разі використання фосфоровмісної добавки, яка має розвинену просторову будову, наприклад, є циклічним полімером (гесаметафосфат), вбудовування в силоксановий ланцюг стерично є неможливим. Найбільш вірогідним є приєднання за рахунок орієнтування по зарядам до поверхні гелевих частинок. В водному середовищі поступово відбувається гідроліз гесаметафосфату, який супроводжується розкладом його структури до пірофосфату, а згодом до ортофосфату. Ймовірно, у випадку активного гідролізу, наприклад, за умов підвищеної температури, приєднання поліфосфатних угруповань може відбуватися не тільки по поверхні гелевих частинок кремнекислоти, але й вбудовуватися в силоксановий каркас кремнекислоти.

Можна припустити, що маючи уявлення про механізм приєднання фосфатовмісних добавок до силоксанового ланцюга кремнекислоти, можна прогнозувати не тільки живучість утворених золів кремнекислоти, але й вогнезахисні властивості комплексного гелю.

Спектроскопічним методом досліджено вплив типу добавки на зміну оптичної густини золів, що непрямо дає уявлення про реологічні характеристики експериментальних золів. За допомогою ІЧ-спектроскопії встановлено, що структура фосфоровмісної добавки впливає на характер вбудовування фосфору в силоксановий каркас гелю. Досліджено вплив структури фосфоровмісної добавки на процеси термодеструкції диференційно-термічним методом аналізу. Вивчено фазовий склад термооброблених при $800\text{ }^\circ\text{C}$ гелів.

Визначено взаємозв'язок між просторовою будовою фосфоровмісної добавки, ступенем однорідності гелю та фазовим складом композиції. Встановлено, що використання амоній дигідрофосфату є недоцільним, тому що плівка гелевого покриття з її вмістом утворюється високопорувата і не здатна захищати деревину від кисню повітря в умовах пожежі. У разі використання малих добавок ортофосфатної кислоти та гесаметафосфату натрію можна отримати підвищення вогнестійкості покриттів до II групи вогнезахисної ефективності, а захищені зразки кваліфікувати як горючі, важко-займисті.

**ВПЛИВ ТОПОЛОГІЇ ПОЛІМЕРНОЇ СІТКИ ТА КІНЕТИКИ ОТВЕРДІННЯ НА
ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИУРЕТАНОВИХ МАТЕРІАЛІВ***Скрипинець А. В.¹, к.т.н., доцент,**Саєнко Н. В.², к.т.н., доцент,**Гуріна Г. І.¹, к.т.н., доцент,**Кабусь О. В.¹, к.т.н., доцент,**Саєнко Л. В.¹, к.т.н., доцент*¹*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,*²*Національний університет цивільного захисту України*

Епоксиуретанові композиції належать до перспективних полімерних матеріалів конструкційного та функціонального призначення, оскільки поєднують високу міцність, адгезію, еластичність і здатність працювати в умовах циклічних навантажень. Для герметизації швів, деформаційних зазорів і захисних покриттів особливе значення має досягнення балансу між жорсткістю, міцністю та пружно-деформаційними властивостями. Саме тому актуальним є встановлення взаємозв'язку між складом реакційної системи, кінетикою тверднення, топологією полімерної сітки та комплексом експлуатаційних властивостей матеріалу [1–3].

Метою дослідження було встановити закономірності формування структури та властивостей епоксиуретанових композицій залежно від співвідношення епоксидного олігомеру ED-20 та олігоефірциклокарбонату Laprolat-803 (ОТС), а також умов отвердіння. У роботі як об'єкти дослідження використовували ОТС, епоксидну смолу ED-20 та їх суміші різного складу. Як отверджувач застосовували діетилентриамін (DETA). Такий вибір компонентів зумовлений можливістю одночасного перебігу двох основних реакцій: епокси-амінної, яка формує жорстку зшити структуру, та циклокарбонат-амінної, що приводить до утворення гідроксиуретанових фрагментів і сприяє модифікації просторової будови полімерної сітки.

Для оцінки особливостей тверднення та формування сітчастої структури було застосовано комплекс взаємодоповнювальних методів. Початкову стадію тверднення вивчали діелектричним методом за зміною питомого об'ємного електричного опору реакційної системи. Життєздатність композицій визначали за зміною в'язкості до моменту утворення полімерних ниток. Ступінь тверднення оцінювали за вмістом гель-фракції. Параметри сітчастої структури визначали за параметрами середньої молекулярної маси між вузлами зшивки (M_c) та ефективну густину зшивки (ρ_c) визначали за результатами вимірювання модуля високоеластичності. Демпфувальні властивості досліджували методом динамічного механічного аналізу, а фізико-механічні та адгезійні характеристики визначали стандартними методами.

Отримані результати показали, що кінетика тверднення істотно залежить як від температури, так і від співвідношення компонентів. Для системи ED-20, отвердженої DETA, уявна енергія активації становить 50,3 кДж/моль, тоді як для ОТС швидкість реакції при 303 К є вищою у 1,7 раза. Збільшення вмісту ED-20 до 10–30 мас. % призводить до певного зниження швидкості тверднення, тоді як підвищення температури до 323 К прискорює процес. Встановлено, що збільшення частки епоксидного олігомеру зменшує життєздатність композицій, але водночас сприяє зростанню гель-фракції до 95 %, що свідчить про формування більш щільної полімерної сітки.

Аналіз структурно-механічних параметрів показав, що зі збільшенням вмісту ED-20 зменшується значення M_c та зростає ефективна густина зшивки ρ_c , що вказує на утворення більш жорсткої тривимірної структури. Результати динамічного механічного аналізу

підтвердили підвищення модуля зберігання зі збільшенням частки епоксидного олігомеру. Найбільшу демпфувальну здатність проявляють композиції з приблизно 20 мас. % ED-20, що пов'язано з оптимальним співвідношенням жорстких і гнучких сегментів у полімерній сітці.

Кінетика отвердіння епоксиретанових композицій істотно залежить від складу системи та температури. Уявна енергія активації для ED-20, отвердженої ДЕТА, становить 50,3 кДж/моль, тоді як ОТС твердне у 1,7 раза швидше при 303 К. Збільшення вмісту ED-20 (10–30 мас. %) призводить до зменшення життєздатності композицій, але одночасно сприяє підвищенню вмісту гель-фракції до 95 %, що свідчить про формування більш щільної полімерної сітки.

Підвищення частки ED-20 також супроводжується зростанням густини зшивання та жорсткості полімерної структури, що проявляється у зменшенні M_c , збільшенні ρ_c та підвищенні модуля у склоподібному стані. При цьому композиції з 20 мас. % ED-20 характеризуються підвищеною демпфуючою здатністю

Показано, що зі зростанням вмісту ED-20 адгезійна міцність покриттів до сталі St3 збільшується від 4,65 до 5,98 МПа, що пояснюється підвищенням густини зшивки та посиленням міжфазної взаємодії з металевою поверхнею. При цьому композиції зберігають достатню еластичність, що є важливим для матеріалів, призначених для роботи в умовах циклічних навантажень.

Таким чином, встановлено, що зміна співвідношення ED-20 та ОТС дозволяє ефективно регулювати кінетику отвердіння, параметри полімерної сітки та комплекс експлуатаційних властивостей епоксиретанових матеріалів. Отримані результати можуть бути використані при створенні полімерних композицій для герметизаційних матеріалів, захисних покриттів та конструкційних елементів, що працюють в умовах циклічних механічних навантажень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Skripinets, A., Saienko, N., Blazhko, V., Saienko, L. (2023). Efficiency evaluation: epoxyurethane damping inserts in vibration protection systems. Municipal economy of cities. Series: «Information Technology and Engineering». 4(178). 17–26. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-17-26>
2. He, Z., Pei, D., Xu, L., Peng, R., Zhang, O., Tang, J. et al. (2025). Toward sustainable thermosets: Advances in toughening and degradation strategies for epoxy resins. Cell Reports Physical Science. 6(10). 1–29.
3. Skripinets, A., Saienko, N., Cherkashina, A., Gurina, G., Saienko, L. (2024). Predictive Modeling of Damping Properties for Dispersely Filled Polymer Materials. In International Conference on Smart Technologies in Urban Engineering. P. 310–321.

СТАБІЛЬНІСТЬ АМОРФНОГО СТАНУ ОКСИДУ НІОБІУ ПРИ ТЕРМОПОЛЬОВОМУ ВПЛИВІ

Старікова С. Л., д.мед.н., професор,

Старіков В. В., PhD,

Воронцов М. Ю.

Харківський національний медичний університет

Для пасивації виробів медичного призначення досить часто використовуються анодні оксидні плівки (АОП) вентильних металів Ta, Nb, Ti, Zr з аморфною структурою. Стійкість таких оксидних покриттів до хімічної корозії досить висока навіть за незначної (0,5–1 нм) товщини [1]. Однак у разі електрохімічного корозійного процесу не менш суттєвим параметром є їх низька електрична провідність. З цього приводу слід брати до уваги, що дія на аморфну структуру АОП зовнішніх факторів збільшує вірогідність початку кристалізаційних процесів, які можуть спричинити суттєве підвищення її провідності. Тому метою роботи було дослідження параметрів кристалізації АОП ніобію за умови впливу високих електричних полів разом з дією термічного фактору або варіюванням товщини оксидної плівки.

АОП на поверхні ніобію формувалася методом електрохімічного окислення в 0,01 %-водному розчині ортофосфорної кислоти у двох послідовних режимах: гальваностатичному та вольтстатичному [1]. У гальваностатичному режимі підтримувалася постійна щільність струму $j=1 \text{ А/м}^2$ при зміні напруги U в діапазоні 0–250 В до досягнення необхідної товщини оксиду. У вольтстатичному режимі на зразку підтримувалася постійна напруга, а струм у цей час зменшувався за рахунок підвищення стехіометрії оксиду і зростання його електричного опору. При зменшенні струму в 10–15 разів процес окислення припинявся.

Кристалізація АОП пов'язується з дією таких факторів: підвищенням температури, значною величиною зовнішнього електричного поля, а також суттєвим збільшенням товщини оксиду. Виходячи з цього, вивчення процесу кристалізації АОП проводилося шляхом комбінації впливу температурного або товщинного фактору разом з дією сильного електричного поля ($\sim 10^8 \text{ В/м}$), що дозволяло суттєво зменшити час спостереження фазових перетворень в оксиді. Таке поле забезпечувало досить високу іонну рухливість в АОП навіть при кімнатній температурі і полегшувало дифузійне перенесення речовини через її об'єм, що в кінцевому рахунку сприяло кристалізації оксиду. Початок кристалізаційного процесу визначався часом інкубаційного періоду.

Якщо після вольтстатичної стадії зростання оксидної плівки напругу на електролітичному осередку не вимикали, то струм спочатку знижувався за експоненціальним законом, а потім відбувалося його зростання. Такий ефект пояснювався наступними причинами. Зменшення струму визначалося вирівнюванням стехіометричного складу оксиду за його товщиною, що вело до зростання загального електричного опору системи $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{Nb}$. Через деякий час у стехіометричному оксиді при збереженні високої рухливості іонів починали формуватися і рости кристали оксидної фази однакового з аморфним оксидом складу, що спричиняло утворення тріщин в АОП і різке підвищення його електричної провідності. Момент початку зростання струму після досягнення мінімального значення означав кінець інкубаційного періоду утворення кристалічної фази.

Кристалізація аморфного оксиду в електролітичному осередку під дією зовнішнього поля протікала за двома механізмами. Перший пов'язаний з кристалізацією оксиду, коли його товщина стає порівнянною з критичним розміром кристалічного зародка. У цьому випадку відбувається утворення кристала всередині оксидної фази, що

веде до виникнення розтягувальних напруг в об'ємі АОП, і викликає розтріскування оксиду. Загалом це збільшує електричну провідність металооксидної системи. Другий механізм реалізується при виникненні та зростанні кристалічної фази на міжфазній межі $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{Nb}$ без використання речовини анодного оксиду. Кисень до міжфазної межі дифундує з електроліту через аморфну оксидну фазу [2], прискорений дією сильного зовнішнього електричного поля. Нова кристалічна фаза відсуває аморфний оксид від поверхні металу, створюючи в оксиді стискаючі напруги, що також призводить до утворення в ньому тріщин і збільшує загальну провідність системи $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{Nb}$. Зовнішньо цей процес супроводжується так званим «іскрінням» – електричними розрядами на поверхні в місцях пробою оксидної плівки [3]. При товщині оксиду $t > 400$ нм працюють обидва механізми кристалізації АОП. Якщо товщина оксиду зменшується, то внесок першого механізму також зменшується. Експериментально показано, що досить високу стійкість аморфного стану мають АОП завтовшки до $t = 350$ нм.

Якщо вважати, що електричні поля в аморфній плівці та кристалі під нею однорідні і пропорційні $E_a = f E_{\text{кр}}$, то для сталого процесу $f = \epsilon_{\text{кр}} / \epsilon_a$, де $\epsilon_{\text{кр}}$ та ϵ_a – діелектрична проникність кристалічного та аморфного оксидів. Тоді напруженість поля у кристалі буде:

$$E_{\text{кр}} = \frac{U}{ft_0 + H_{\tau}}, \quad (1)$$

де U – напруга, прикладена до системи метал-оксид-електроліт; H_{τ} – висота кристала в момент часу τ ; t_0 – товщина анодної оксидної плівки над кристалом (вважається, що вона не змінюється у процесі зростання кристала).

Швидкість зростання кристала визначається законом Фарадея. Враховуючи це і використовуючи (1), вводимо нові змінні для інтегрування, після перетворень та спрощень отримуємо вираз для розрахунку часу інкубаційного періоду:

$$\tau = \frac{2\psi(f + y)t_a}{\gamma j_0} \exp\left(\frac{W}{kT}\right) \exp\left(-\frac{\mu E_a}{kT\psi(f + y)}\right), \quad (2)$$

де $\alpha = t_0 / t_a$ – відношення товщини анодної оксидної плівки над кристалом до її середньої товщини; $y = H / t_0$, (H – критична висота кристала, коли в аморфній плівці над ним з'являється тріщина); $E_a = U / t_a$.

Використовуючи експериментально знайдені значення інкубаційного періоду для різних температур, можна побудувати залежність $\lg(\tau / t_a) - 1/T$ і по тангенсу кута нахилу прямої визначити енергію активації кристалізації W . Якщо ж розраховано інкубаційний період для різних величин напруженості зовнішнього електричного поля, то по тангенсу кута нахилу залежності $\lg(\tau / t_a) - E_a$ можна розрахувати дипольний момент μ . При розрахунках приймалося, що $\psi \approx 0,6$, а коефіцієнти f та y мало відрізняються від одиниці. Для оксиду ніобію були отримані такі значення: $W_{\text{Nb}} = 1,246$ еВ; $\mu_{\text{Nb}} = 9,64 \cdot 10^{-29}$ Кл·м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Starikov, V. V., Starikova, S. L., Mamalis, A. G., Lavrynenko, S. N. (2016). Features of medical implant passivation using anodic oxide films. *Journal of Biological Physics and Chemistry*. 16. 2. 90–94.
2. Pugachov, A. T., Starikov, V. V., Taranukha, A. V., Udovenko, L. M., Mamalis, A. G., Lavrynenko, S. N. (2012). Investigation of Charge Transfer and Degradation Features in Bilayer Zr-ZrO₂. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 21. 553–557.
3. Bayrachniy, B. I., Tokareva, I. A. (2016). Nanostructured Anodic Oxide Films of Niobium: Features of Electrochemical Formation, Functional Properties and Applications. *Physics and Chemistry of Solid State*. 17. 2. 160–169.

ВПЛИВ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЇ БУДОВИ НА ВИБУХОВІ ВЛАСТИВОСТІ АМОНІЙНОЇ СЕЛІТРИ

*Трегубов Д. Г., д.т.н., доцент,
Нуязін В. М., к.т.н., доцент,
Журбинський Д. А., к.т.н., доцент,
Чорний Я. О.,
Турбін Є. А.*

Національний університет цивільного захисту України

Аміачну селітру (нітрат амонію, NH_4NO_3) можна віднести до групи речовин, про які відомо, що вони негорючі або вибухобезпечні, але за певних умов виникає вибух; цю схильність визначає її позитивний кисневий баланс [1], а підвищує – вибух потужного заряду, більша дисперсність, поруватість, злежування, дія пожежі, наявність органічних домішок або хлор-іонів, зміни IV на III кристалічну форми за перегріву $>32,3$ °C, контакт з суперфосфатом, піритом [2]. Ініціатором вибухових процесів вважають виділення NO_2 – продукту розкладання. Злежалу селітру не можна дробити вибухом або предметами, що можуть дати іскру [3].

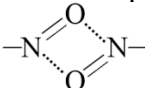
Історія вибухів селітри техногенного характеру містить багато випадків, починаючи з 1916 р. у Британії, налічує тисячі загиблих та зруйновані цілі міста [1, 2, 4]. Один з найбільш потужних вибухів стався у 1947 р. у Техас-сіті після пожежі селітри на кораблі у порту та мав тротиловий еквівалент $W_{\text{тнт}}=2,7$ кт. Останній потужний вибух селітри стався у 2020 р. у порту Бейрута (для арештованого вантажу було у 10 разів перевищено строк безпечного зберігання – пів року).

Нітрат амонію не є ВР, але можливо ініціювання вибуху куп, які більші за 0,5 м, зарядом ВР ближче 2 м. У деяких країнах для запобігання створення саморобних ВР обмежують продаж селітри або реалізують у вигляді суміші з карбонатом кальцію або з сульфатом заліза; зменшують вибуховість селітри різними добавками, грануляцією [5]. За вологості >3 % селітра не вибухає, тому її пожежі гасять водою. Але повністю зневоложена селітра більш безпечна бо не переходить з кристалічної форми IV у III, яка більш схильна до вибуху. Вже слабке зволоження спричиняє руйнування кристалів селітри, тому для зв'язування вологи додають нітрати Ca та Mg. Міцність гранул підвищують у 20–100 разів фосфатно-сульфатні добавки [1]. Але навіть опудрені гранули злежуються через проростання кристалів селітри. Додавання 1 % доломіту зрушує точку переходу між формами IV і III з 32 до 55 °C, тоді за звичайних умов зберігання селітра залишається у формі IV. Запобігають розкладанню: карбамід, карбонати Ca і Mg, нітрат Mg (зв'язують продукти розкладання NH_4NO_3 – нітратну кислоту, NO_2). добавки проти гігроскопічності і злежування: нітрат Mg, сульфат амонію, бентоніти, глина, тальк, діатоміт, вермікуліт, опудрювання гранул. Суміші селітри за вмісту $\text{N}<26$ –28 % є вибухобезпечними; добавка 1 % CaCO_3 збільшує температури розкладання на 2,5 %, на 3 % зменшує теплові ефекти [5]; це відбувається тому, що CaCO_3 зв'язує первинний продукт розкладання – HNO_3 ; 20 % CaCO_3 нейтралізує 50 % селітри і далі не утворюється достатньо NO_2 для ініціювання ланцюгових процесів.

Оцінено питомі тротилові еквіваленти вибуху ($W_{\text{тнт.пит}}$, на одиницю маси) за аналізом інцидентів: у Бейруті – $1250/2750=0,45$, у Техас-сіті – $2700/2000=1,35$, в Оппау (суміш нітрату та сульфату амонію) – $1800/450=4,0$. Останній виглядає як завищений (серед ВР $W_{\text{тнт.пит}}$ більший в гексогену – 1,55), що може говорити або про більшу масу суміші, що вибухнула, або про інший механізм детонації (наприклад, додавання енергії розширення NH_3 за розкладання сульфату амонію в мікропорах селітри). Широкий

діапазон $W_{\text{тнт пнт}}$ можна пояснити різним вмістом домішок, маси речовини, ступенем деградації та видом ініціювання вибуху.

Відмітимо близькі температури кипіння і плавлення селітри: 167 і 235 °С; а в тридекану це -5,5 та 235,4 °С. Але молярна маса тридекану більша – 184 г/моль, тоді можна розглянути наявність у селітрі під час кипіння димерів з $M=160$ г/моль. Тоді приймаємо, що ініціювання вибуху йде миттєво з перегрупуванням надмолекулярної будови з кристалічної тетрагональної на лінійну з димерним базисом і утворенням

нестійкого містка  [6], що виконує роль, аналогічну пероксидній групі [7], та може бути пов'язано з виділенням NO_2 . Спочатку йде утворення пероксидного кластеру «-N-O-O-N-», а потім – пероксидної проміжної сполуки «-N-O-O-N-» з миттєвим вибухом.

Для руйнування кристалів нітрату амонію шляхом вклинення молекул води, якщо передбачати тетрагональний базис кристалу, потрібно 1 молекулу на 2 базиси. Це становить 0,014 масові частки вмісту води. При цьому будова кристалу селітри збагачується лінійними нестійкими кластерними ланками. Водночас відомо, що вибухові властивості селітри зберігаються до 0,03 масових часток вмісту води. Тобто надалі охолоджуюча дія води починає переважати теплові ефекти розкладання селітри, що запобігає автокаталітичному характеру реакції. Тому лавиноподібний механізм розвитку розкладання селітри не ініціюється.

Для більш повного аналізу властивостей селітри не вистачило розширених літературних даних стосовно критичних концентрацій сумішей з негорючими компонентами за схильністю до детонації у комплексі з деградацією будови селітри за час зберігання та у присутності різних концентрацій вологи. Аналіз таких даних дозволить уточнити отримані результати. Більш фундаментальних досліджень потребує уточнення надмолекулярної будови селітри у момент ініціювання вибуху, що може стати основою для свідомого керування її властивостями селітри та її сумішей лише на підставі теоретичних уявлень з досягненням стану гарантовано вибухобезпечного продукту або з підвищенням вибухових властивостей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаров О. Амiачна селiтра: добре добриво з недоброю вдачею. AgroONE. 2020. № 59(10). С. 10–15.
2. Трегубов Д. Г., Мiнська Н. В., Гапон Ю. К., Тарахно О. В. Теорiя процесiв горiння, вибуху та пожежогасiння. Х.: НУЦЗ України, 2024. 416 с.
3. Guidance for sea transport of solid ammonium nitrate based fertilizers. Brussels, Belgium: Fertilizers Europe, 2024. 40.
4. Tsopa, V., Cheberyachko, S., Deryugin, O., Sushko, N., Stanislavchuk, O. (2023). Analysis of the causes of the ammonium nitrate explosion in the port of Beirut. Bulletin of Lviv State University of Life Safety. 27. 95–108.
5. Reetz, H. (2018). Fertilizers and their Efficient Use. Paris, France: IFA. 114.
6. Tregubov, D., Minska, N., Slepuzhnikov, E., Hapon, Yu., Sokolov, D. (2022). Substances explosive properties formation. Problems of Emergency Situations. 36. 41–53.
7. Tregubov, D., Slepuzhnikov, E., Chyrkina, M., Maiboroda, A. (2023). Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. Key Engineering Materials. 952. 131–142.

ХІМІЗМ РЕЖИМІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІКРОДУГОВИМИ РОЗРЯДАМИ

*Трегубов Д. Г., д.т.н., доцент,
Чиркіна-Харламова М. А., к.т.н., доцент,
Гончаренко Я. М., к.т.н.,
Даник О. М.,
Сергієнко О. В.*

Національний університет цивільного захисту України

Більшість промислових та побутових об'єктів має необхідність утилізації або очищення стічних вод. Коксохімічне виробництво (КХВ) відзначається серед них великою кількістю токсичних забруднювачів у значних концентраціях, що є проблемою для систем очищення. Серед методів, здатних впливати на такі води, широкі можливості надають електрохімічні, зокрема, мікродугова обробка. Малі електричні розряди виникають у місцях контакту частинок електропровідного засипу при протіканні електричного струму. Це створює фізичні та хімічні впливи на домішки стічної води; балансом цих впливів можна керувати змінюючи амплітуду електричної напруги на електродах, вид напруги – постійна, змінна, імпульсна, форму і тривалість імпульсів [1]. Плазма розряду руйнує хімічні сполуки, формує активні окисники і молекулярні уламки, які вступають у вторинні реакції з утворенням нетоксичних сполук аж до CO_2 , сульфатів, N_2 , H_2O . Окиснення йде за механізмами термоокисних, вторинних, електро-, плазمو-, фотохімічних реакцій. Електророзряд диспергує частину матеріалу насипного електроду, що ініціює процеси адсорбції й коагуляції. При цьому первинні впливи очищення мають крапкову дію, а вторинні – об'ємну або поверхневу.

На нерозчинних електродах за наявності Cl^- (добавка NaCl) утворюються NaClO , Cl_2 ; окисно-відновний потенціал E_h розчину зростає до 1000 мВ. Поруватість графітових електродів і розвинута робоча поверхня зменшують вихід хлору за струмом, посилюють вихід кисню. За залізних анодів E_h падає до -800 мВ за рахунок Fe^{2+} . Це дозволяє відновлювати Cr^{6+} [2]; рН зростає до 10 за енерговитрат 2000 Кл/л. Однак, хлорування може призвести до утворення більш небезпечних хлорорганічних сполук, таких як, хлорфеноли.

За сталевого об'ємного електроду (стружка) ефективний мікророзряд виникає за менших енерговитрат, ніж для вуглецевого з коксу фракції 5–7 мм. Ерозія металевих електродів викликає утворення коагулянту у вигляді гідроксиду, що сорбує неорганічні домішки у вигляді сольватних комплексів [3].

Одним з основних джерел активних елементів є вода, яка розкладається з утворенням киснев-водневої плазми. Вуглеводні у розряді розкладаються до CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , H_2 та сажі [4]. З гарячих водяних стінок каналу розряду йде випаровування води та вуглеводнів в об'єм каналу, безпосереднє згоряння, окиснення у рідкій і паровій фазі. Окиснення йде з виділенням тепла, що додатково нагріває воду під час обробки. Парогазове окиснення у місці розряду продовжується деякий час й після його завершення у паровій бульбашці (одиночна мікродуга триває 2-3 мкс). Вторинні реакції можуть йти за рахунок «активного хлору», озону, кисню, пероксиду водню, УФ-випромінювання.

У разі об'ємного електроду з коксу значний внесок у водоочищення надає адсорбція органічних сполук у міжрозрядну паузу на активованих у зоні дії каналу поверхнях частинок коксу та на суспензії мікрочастинок карбону. Адсорбція концентрує певні домішки; надалі вони руйнуються у наступній мікродузі, а поверхня регенерується для наступного етапу сорбції.

Видалення органічних домішок зі стічної води у мікророзрядах йде значною мірою за рахунок хімічної взаємодії, тому за малих концентрацій зростають енерговитрати для компенсації дифузійних ускладнень, а при великих – пропорційно більшій масі домішок.

На рис. 1 схематично зображено взаємозв'язок описаних процесів.

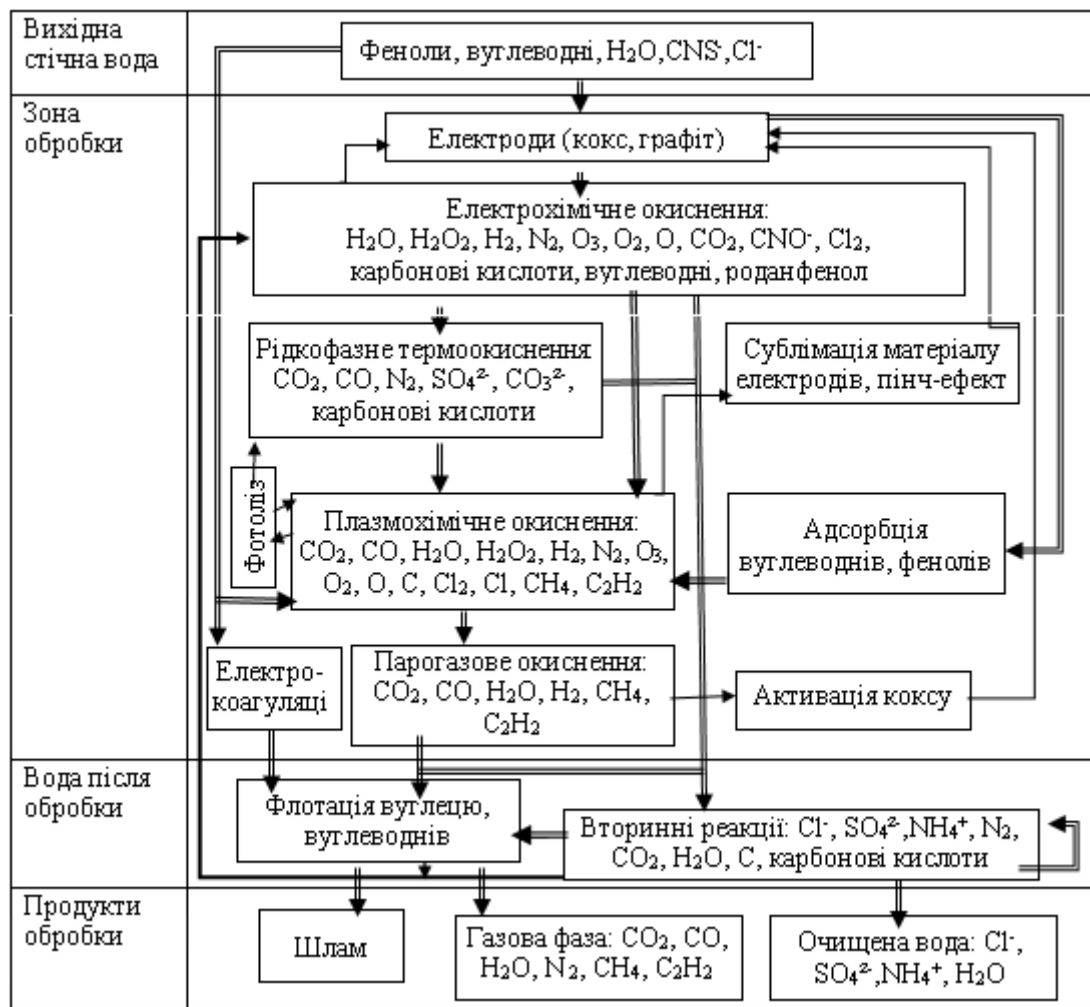


Рисунок 1 – Схема очищення стічної води КХВ за дії мікророзрядів

Під час обробки стоку КХВ у мікродугових розрядах забезпечується видалення 82 % роданідів, >99 % смол, масел, фенолів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tregubov, D., Slobodskoj, S. (1997). Purification of Sewage Water by Electric-Arc Discharges. *Coke and Chemistry*. 9. 39–43.
2. Василенко О. Гальванокоагуляція як універсальний метод очищення стічних вод від іонів важких металів. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2017. № 28. С. 48–52.
3. Глупак А. Н. Дослідження процесу електроімпульсного очищення хромвмісних стічних вод. *Науковий вісник будівництва*. 2000. № 19. С. 213–217.
4. Трегубов Д. Г., Гапон Ю. К., Чиркіна-Харламова М. А. Деструкція домішок стічних вод у мікродугових розрядах. Черкаси: НУЦЗ України, 2025. 100 с.

ЧИ ПОТРІБНО НА ВОЄННИЙ ЧАС ПЛАНУВАТИ РЕЖИМИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ?

Фірсов С. А.,
Дикань С. А., к.т.н., доцент,
Єфремова В. П.

*Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності
Полтавської області*

З початком повномасштабної війни РФ проти України вітчизняне законодавство з цивільного захисту (ЦЗ) почало інтенсивно змінюватися. Проте деякі із цих змін були зроблені наспівдкурч, без належного опрацювання, тому містять недоречності, а іноді й відверті помилки. В результаті при реалізації відповідних положень нормативних документів серед виконавців виникають непорозуміння й плутанина, які загрожують серйозними наслідками.

Одна з проблем, яка виникла останнім часом, зумовлена змінами у статті 130 Кодексу ЦЗ [1], стосовно складання планів цивільного захисту на особливий період та планів реагування на застосування зброї масового знищення. Фахівцям з питань ЦЗ зрозуміло, що складовою частиною зазначених планів мають бути розрахунок і порядок впровадження *режимів радіаційного захисту (РРЗ)* для працівників суб'єктів господарювання і населення. Але проблема в тому, що РРЗ як захід радіаційного захисту, зник зі статті 35 Кодексу ЦЗ: в редакції Закону № 3441-ІХ від 08.11.2023 він був замінений на *«впровадження рівнів втручання у разі радіаційних аварій»* [1, ст. 35, частина перша, пункт 3].

При такій надзвичайній ситуації (НС) як застосування противником ядерної зброї, термін «рівень втручання» абсолютно недоречний, тут слід говорити про впровадження *режимів радіаційного захисту* [2]. Тому якщо наші законотворці вирішили оновити «застарілий» і незрозумілий комусь термін «РРЗ» на свіженькі «рівні втручання» – вони глибоко помилилися. А таке цілком може бути, оскільки в жодному нормативному документі термін «РРЗ» не пояснюється, на відміну від терміну «рівні втручання», визначення якому дано в Законі України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання». Але якщо ж така заміна («РРЗ» на «рівні втручання») зроблена свідомо, то система ЦЗ залишається просто обеззброєною у випадку, коли керманіч РФ наважиться нанести по Україні ядерний удар.

Не зважаючи на зникнення з головного законодавчого документу у сфері ЦЗ терміну «РРЗ», цей термін таки залишився у деяких інших документах, зокрема у Правилах техногенної безпеки [3]. Правда, стосується він радіаційних аварій. У розділі 7, п.4 [3] сказано: *Для населення і сил цивільного захисту, призначених для виконання робіт у зонах можливого радіоактивного забруднення місцевості в разі радіаційних аварій, відповідні органи влади, суб'єкти господарювання та керівники сил цивільного захисту повинні розробляти типові режими радіаційного захисту.*

Методичних вказівок щодо складання планів реагування на застосування зброї масового знищення у вільному доступі наразі немає. Проте План ЦЗ на особливий період, згідно [4] теж повинен містити інформацію щодо стану захищеності персоналу СГ від уражаючих факторів зброї масового ураження. Справді, як слідує із [4], в розділі III цього плану мають бути запроваджені РРЗ. Однак, парадокс: виявляється, ці режими повинні розроблятися не на випадок ядерного удару, а на випадок радіаційної аварії! Читаємо уважно підпункт 5 пункту 11 документа [4]: *порядок організації і здійснення заходів радіаційного, хімічного і біологічного захисту ... включає заходи щодо своєчасного*

запровадження **режимів радіаційного захисту** з урахуванням положень статей 7 та 8 Закону України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання», підпунктів 7.38, 7.39 та додатка 7 Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Посилання на вказані нормативні документи свідчить, що мова йде саме про аварію, а не про ядерний удар.

Такі казуси в нормативному документі ДСНС, коли наслідки ядерного удару ототожнюються з наслідками радіаційної аварії, можна розцінити як помилкову підміну понять. Справді, в обох НС (радіаційній аварії і ядерному ударі) має місце радіоактивне забруднення, справді, в обох НС потрібно вводити режими радіаційного захисту, але ці режими будуть кардинально відрізнятися один від одного, тому що динаміка зниження рівня радіації в різних НС буде різною.

До речі, термін «РРЗ» як захід захисту з'явився ще в радянські часи, задовго до Чорнобиля, коли в нашій державі існувала система цивільної оборони і основною загрозою вважали застосування противником зброї масового знищення. РРЗ означає певний порядок роботи, відпочинку, укриття в захисних спорудах і використання засобів індивідуального захисту персоналом, розписаний в часових інтервалах. Те саме стосується і населення. Це, по суті, комбінований захист «часом» і «бар'єром», коли доба розписана по годинах, і людині доведено, де і в який момент вона повинна перебувати, як вона має бути захищена з тим, щоб не перевищити допустиму дозу опромінення. Але оскільки рівень радіації при аварії знижується дуже повільно, було би великою помилкою використовувати «аварійні» режими радіаційного захисту замість «ядерних» режимів при ядерному ударі, коли рівень радіації спадає досить швидко.

Тож маємо парадоксальну ситуацію: Україна веде війну з ядерною державою, але у вітчизняному законодавстві немає жодного натяку на необхідність розробляти режими радіаційного захисту працівників і населення на випадок застосування противником ядерної зброї. Натомість, такий захід захисту взагалі видалений із законодавчого поля і замінений на рівні втручання при радіаційній аварії. Наслідки такого «коригування» законодавства уже починають з'являтися: в планах реагування на застосування зброї масового знищення, розроблених на рівні ланок територіальних підсистем, йдеться про що завгодно, але тільки не про режими радіаційного захисту. Що буде далі, коли доведеться реагувати за цими планами – передбачити неважко.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження: Довідник / Під ред. Г. П. Демиденко. К.: Вища школа. Головне видавництво, 1987. 256 с.
3. Правила техногенної безпеки, затверджені наказом МВС України від 05.11.2018 № 879, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 27.11.2018 за № 1346/32798.
4. Методичні рекомендації з розроблення планів цивільного захисту на особливий період суб'єктами господарювання, затверджені наказом ДСНС від 19.03.2024 № 302.

ЯДЕРНА ЗАГРОЗА: НАСЛІДКИ ТА ДІЇ

Черненко О. М., к.мед.н., доцент,

Фільчук І. Ю.,

Мохнар Л. І., к.пед.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Про ядерний шантаж з боку росії напевно вже чули всі українці. Центр протидії дезінформації при РНБО України попереджає лише про посилення такого шантажу. І хоча сподіваємося на краще й віримо в низьку ймовірність таких дій – готовим варто бути до всього. У разі можливої ядерної загрози важливо не розгубитися, чітко знати, як діяти та головне – діяти дуже швидко. Адже кожна неправильна дія може призвести до серйозних наслідків як для вас, так і для людей поруч із вами. Закладам освіти та учасникам освітнього процесу також дуже важливо володіти знаннями та навичками щодо цієї можливої загрози, бо ніхто з нас не знає, яка небезпечна ситуація коли й де може трапитися – чи під час перебування у закладі освіти, чи дорогою до нього, чи вдома [1].

Ядерний інцидент – будь-яка подія або ряд подій одного й того ж походження, які завдають ядерної шкоди: втрати життя, будь-яких ушкоджень здоров'ю людини, втрати майна або шкоди, заподіяної майну, будь-якої іншої втрати чи шкоди, що є результатом небезпечних властивостей ядерного матеріалу на ядерній установці або ядерного матеріалу, який надходить з ядерної установки чи надсилається до неї.

Радіаційна аварія – подія, внаслідок якої втрачено контроль над ядерною установкою, джерелом іонізуючого випромінювання, і яка призводить або може призвести до радіаційного впливу на людей та навколишнє природне середовище, що перевищує допустимі межі, встановлені нормами, правилами та стандартами з безпеки [2].

Наслідки ядерної загрози можуть бути різними:

- яскравий спалах може спричинити сліпоту менш ніж за хвилину;
- вибухова хвиля може спричинити смерть чи поранення людей, а також пошкодження будівель за кілька кілометрів від вибуху;
- радіація може пошкодити клітини тіла, а великі дози опромінення – викликати променеву хворобу;
- вогонь і висока температура можуть спричинити смерть, опіки та пошкодити будівлі за кілька кілометрів від вибуху;
- електромагнітний імпульс може пошкодити електричне силове обладнання та електроніку за декілька кілометрів від детонації та спричинити тимчасові збої надалі;
- опади (радіоактивний, видимий бруд і уламки, що падають дощем із висоти кількох миль) можуть викликати захворювання тих, хто перебуває на вулиці.

Опади найбільш небезпечні в перші кілька годин після детонації, тоді вони випромінюють найвищий рівень радіації. Потрібен час, щоб радіоактивні опади повернулися на рівень землі, часто – понад 15 хвилин для областей за межами зон безпосереднього ураження вибухом [3].

Вплив радіації на здоров'я залежить від:

- кількості радіації, яку поглинає організм (доза);
- виду радіоактивного матеріалу;
- способу потрапляння радіоактивного матеріалу до тіла або на нього;
- тривалості, протягом якої людина піддавалася впливу радіації. Вплив великої кількості радіації протягом короткого періоду часу може спричинити гострий радіаційний синдром (ГРС) [2].

У разі ядерної загрози слід дотримуватись трьох простих, але дуже важливих кроків щодо самозахисту: а) зайти до найближчої будівлі; б) перебувати в середині будівлі; в) бути на зв'язку [3].

Дії та правила поведінки на забрудненій радіонуклідами території:

– використовувати для харчування консервоване молоко та харчі, що зберігалися в закритих приміщеннях та в яких відсутнє радіоактивне забруднення. Не пити молоко від корів, які пасуться на забруднених полях;

– не вживати овочів, що зросли на забрудненому радіоактивними речовинами ґрунті;

– не пити воду з відкритих джерел та із водопроводу після сигналу радіаційної небезпеки;

– накривати колодязі плівкою або кришкою;

– уникати довгих пересувань забрудненою місцевістю, особливо, ґрунтовими шляхами або травою, не ходити в ліс, не збирати у лісі ягід, грибів та квітів, не купатися у водоймищах;

– у приміщеннях, призначених для перебування людей, щодня робити вологе прибирання, бажано з використанням миючих засобів;

– знімати взуття при вході в приміщення з вулиці (забруднене взуття залишати при вході);

– засоби індивідуального захисту можна не використовувати в приміщеннях, у тиху погоду без вітру та після дощу;

– у разі пересування відкритою місцевістю, необхідно використовувати підручні засоби захисту:

– щодо органів дихання – прикрити рот та ніс змоченою водою марлевою пов'язкою, носовою хусткою, рушником або іншою частиною одягу;

– щодо шкіри та волосся – вкрити будь-якими предметами одягу, головними уборами, хустинками, накидками. Якщо вкрай необхідно вийти на вулицю, потрібно взути гумові чоботи [3].

Органам управління освіти та керівникам закладів освіти слід розробити чіткий алгоритм дій на випадок можливої ядерної загрози, якщо учасники освітнього процесу знаходяться в закладі освіти, в дорозі до закладу, на дистанційному навчанні чи інше та проводити відповідні тренування учасників освітнього процесу.

Якщо влада повідомляє про евакуацію, необхідно:

– уточнити час початку евакуації;

– підготувати евакуаційні рюкзаки з предметами першої необхідності, особистими ліками, одягом, мінімальним запасом їжі та за можливості упакувати в поліетиленові мішки та пакети, щоб мінімізувати ризик зараження речей [2, 3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Про екстрену медичну допомогу : Закон України від 05.07.2012 р. № 5081 –VI.
2. Печиборщ В. П., Волянський П. Б., Якимець В. М., Вороненко В. В., Хижняк М. І. Медичний захист населення в надзвичайних ситуаціях в єдиній державній системі цивільного захисту: Керівництво / В. П. Печиборщ. Київ, 2019. 425 с.
3. Черненко О. М., Алексеев А. Г., Цвіркун С. В. Рятувальнику про домедичну допомогу та безпеки радіаційного, хімічного та біологічного походження. Черкаси : ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. 326 с.

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ У КРАЇНАХ ПІВНІЧНОАТЛАНТИЧНОГО АЛЬЯНСУ

Чиркіна-Харламова М. А., к.т.н., доцент,

Рилєєв Д. Р.,

Крупський С. С.

Національний університет цивільного захисту України

Як відомо, основна мета радіаційного моніторингу – своєчасне виявлення радіаційних загроз, оцінка рівнів опромінення та мінімізація наслідків для населення і довкілля [1]. Сучасна система радіаційного моніторингу країн Північноатлантичного альянсу (НАТО) представляє собою інтегровану мережу, що поєднує сенсори, платформи передачі даних та аналітичні системи прогнозування розповсюдження забруднення (наприклад, моделі НРАС або JACE). Країни НАТО застосовують багаторівневу систему контролю, яка включає національні автоматизовані мережі моніторингу (наприклад, система IMIS у Німеччині, мережа Télégra у Франції, система RadNet у США), мобільні групи радіаційної розвідки, військові системи радіаційного, хімічного, біологічного (РХБ) захисту, міжнародний обмін даними в режимі реального часу, а також супутниковий та авіаційний контроль.

Система технічних засобів радіаційного моніторингу в країнах Альянсу має поетапну структуру та складається з кількох рівнів спостереження. Індивідуальні дозиметри (Personal Dosimeters) призначені для постійного використання кожним військовослужбовцем з метою контролю отриманої дози опромінення. Сучасні зразки, зокрема прилади серії DMC 3000 компанії Mirion Technologies, оснащені вбудованими модулями Bluetooth або радіозв'язку, що забезпечують автоматичну передачу інформації про накопичену дозу до тактичної мережі управління. Портативні прилади виявлення та ідентифікації радіонуклідів (RIID) - це компактні спектрометричні пристрої, створені на основі сцинтиляційних кристалів NaI(Tl) або LaBr₃. Вони призначені не лише для вимірювання потужності еквівалентної дози (ПЕД), а й для визначення ізотопного складу джерела випромінювання. Прикладом такого обладнання є identiFINDER R400 виробництва FLIR Systems. Стаціонарні та мобільні автоматизовані системи розгортаються на блокпостах, аеродромах або встановлюються на спеціалізовану техніку (машини РХБ розвідки, такі як німецька TPz 1 Fuchs або американська M1135 Stryker MSV) [2].

Мережецентричний принцип управління (Network-centric warfare) передбачає передачу інформації з кожного сенсора в режимі реального часу відповідно до стандартів НАТО (зокрема документу АТР-45). Це забезпечує автоматизоване формування типових донесень, таких як ROTA (Release Other Than Attack) або звіти формату CBRN-1, що значно пришвидшує оцінку обстановки та ухвалення рішень.

Безпілотні платформи (UAV та UGV) активно інтегруються в систему радіаційної розвідки завдяки оснащенню компактними спектрометричними модулями. Використання таких комплексів дає змогу здійснювати обстеження територій з підвищеним рівнем небезпеки без безпосереднього залучення особового складу, що суттєво знижує ризик опромінення.

Висока чутливість та енергетична компенсація є технологічною особливістю моніторингу, зокрема застосування детекторів, здатних ефективно функціонувати в широкому спектрі енергій γ -випромінювання - приблизно від 20 кеВ до 7 МеВ, що забезпечує точність вимірювань у різних умовах радіаційної обстановки.

Канадська розробка, яка стала фактичним стандартом для багатьох країн НАТО завдяки своїй чутливості та інтеграції з авіаційними та мобільними платформами – це система RSI (Radiation Solutions Inc.) [3]. Найбільш відомою є серія RS-700, яка спеціалізується на повітряній та наземній гамма-спектрометрії. Системи RSI (зокрема моделі RSX та RS-700) принципово відрізняються від стандартних дозиметрів тим, що функціонують як повноцінні спектрометричні комплекси. Вони не обмежуються лише вимірюванням рівня радіації, а аналізують енергетичний спектр випромінювання. Це дає змогу оперативно розрізнити природний радіаційний фон і наявність техногенних радіонуклідів, таких як Cs^{137} , Co^{60} або I^{131} . В основі функціонування систем використовуються великогабаритні сцинтиляційні кристали йодиду натрію з активуючою домішкою талію – NaI(Tl) , що забезпечують високу ефективність реєстрації γ -випромінювання. Кожен детектор оснащений власним цифровим спектрометричним аналізатором, завдяки чому система здатна обробляти до 1 000 000 імпульсів за секунду без суттєвих втрат даних і ефекту «мертвого часу». у польових умовах відсутня потреба в додатковому калібруванні із застосуванням радіоактивних джерел. Коригування енергетичної шкали здійснюється автоматично з використанням природного ізотопу калію - K^{40} , що забезпечує постійну точність вимірювань.

Для швидкого сканування великих територій після інцидентів, система RS-700 встановлюється на гелікоптері чи безпілотні літальні апарати. Також системи RSI часто монтується у броньованих автомобілях або цивільні пікапи для «схованого» чи оперативного моніторингу міст і під час руху система у реальному часі малює карту радіаційного фону на планшеті оператора [4].

Отже, у межах стандартів STANAG, системи RSI забезпечують виконання завдань CBRN Reconnaissance, а саме: пост-радіаційну розвідку, транскордонний моніторинг, а також забезпечення безпеки масових заходів. Також необхідно відмітити, що системи RSI повністю сумісні та відповідають формату передачі даних JSON або XML, що дозволяє також інтегрувати їх у загальновійські системи управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Slepuzhnikov, E., Shevchenko, S., Chyrkina, M. (2021). Monitoring the state of the environment through sample screening. Multidisziplinäre Forschung: Perspektiven, Probleme und Muster der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der I internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz (B. 1), Wien, 9. April, 2021. Wien-Vinnitsia: List Verlag. in Ullstein Buchverlage GmbH & Europäische Wissenschaftsplattform. Band 1. 128–130.

2. NATO STANDARD AJP-3.8. Allied Joint Doctrine for Comprehensive Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence (Edition B), published by NATO Standardization Office: August, 2018. 94 p.

3. Mobile Radiation Monitoring System RS 700. URL: <https://www.radiationsolutions.ca/brochures/RS700-Feb-2019.pdf> (дата звернення 28.02.2026).

4. RS-700 Mobile Radiation Monitoring System. URL: <https://terraplus.ca/wp-content/uploads/terraplus-Brochures-English/RS-700-Mobile-Radiation-Monitoring-System.pdf> (дата звернення 28.02.2026).

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ARCHICAD ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЙ

Шуранков Є. О.,

Бойков В. С.,

Новгородченко А. Ю., PhD

Національний університету цивільного захисту України

Забезпечення стійкості будівель і споруд в умовах надзвичайних ситуацій, зокрема під час пожеж, є одним із пріоритетних завдань цивільного захисту. Сучасні методи проектування вимагають переходу від двовимірних креслень до інформаційного моделювання будівель (BIM – Building Information Modeling). Програмний комплекс Graphisoft ArchiCAD виступає ефективним інструментом не лише для архітекторів, але й для фахівців ДСНС, дозволяючи прогнозувати поведінку конструкцій та ефективність евакуаційних шляхів ще на етапі експлуатації або аналізу об'єкта [1]. Метою роботи є аналіз можливостей програмного забезпечення ArchiCAD для оцінки об'ємно-планувальних рішень у контексті протипожежної безпеки та стійкості конструкцій.

У ході дослідження було розроблено аксонометричне зображення (3D-модель) навчальних аудиторій університету. Використання програми ArchiCAD дає змогу змоделювати навчальну аудиторію (рис. 1). За допомогою моделювання внутрішнього простору з розстановкою меблів, можна точно визначити ширину евакуаційних проходів та їх відповідність нормативним вимогам ДБН В.1.1-7:2016 [2].



Рисунок 1 – Аналіз об'ємно-планувального рішення навчальної аудиторії

На основі побудованої моделі плану аудиторії (рис. 1) можна виявити потенційні зони скупчення людей біля виходів та між рядами парт. Застосування даного програмного комплексу дозволяє ефективно аналізувати параметри освітлення, розміщення меблів, евакуаційні шляхи та інші важливі характеристики навчального середовища. Моделювання навчальних аудиторій у цифровому середовищі дає можливість оцінити ергономічність, функціональність та відповідність приміщень нормативним вимогам ще до початку будівництва [2].

Програма ArchiCAD дозволяє не лише окремо моделювати аудиторії, але й будівлі в цілому. На рис. 2 представлено аксонометричне зображення та розріз двоповерхової будівлі, що дозволяє побачити основні конструктивні елементи будівлі, її планування, розміщення дверних і віконних прорізів.

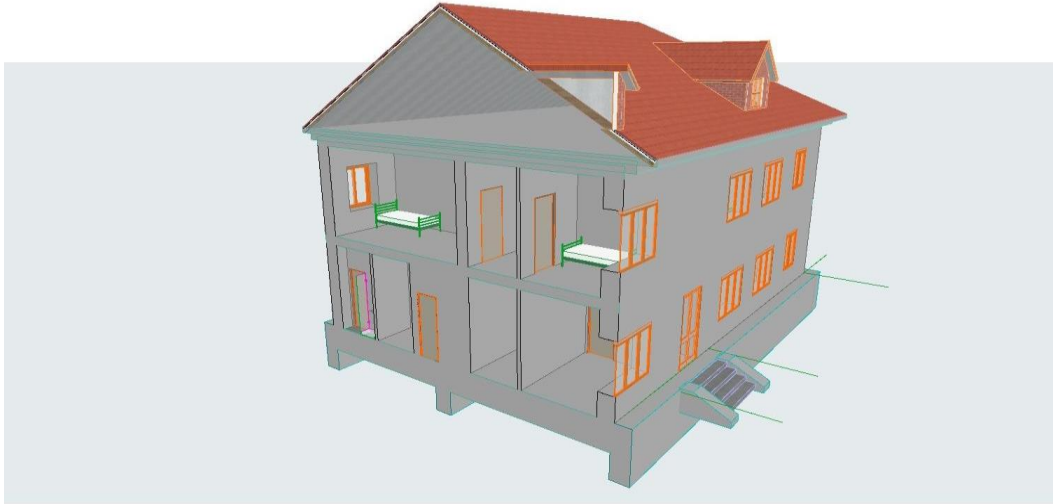


Рисунок 2 – Моделювання будівлі за допомогою програми ArchiCAD

В програмному забезпеченні ArchiCAD є можливість кожному конструктивному елементу (стіни, перекриття, покриття) надавати фізичні властивості будівельних матеріалів. Це дає змогу прогнозувати межу вогнестійкості конструкцій. Також застосування BIM-технологій забезпечує комплексне проектування, що дозволяє інтегрувати архітектурні, конструктивні та інженерні рішення в єдину інформаційну модель.

Таким чином, визначено, що використання ArchiCAD сприяє підвищенню точності проєктних рішень, скороченню часу на розробку креслень та візуалізацій, а також полегшує внесення змін на всіх етапах проєктування. І це є ефективним інструментом для моделювання навчальних аудиторій із урахуванням сучасних вимог до освітнього простору. Тому використання ArchiCAD для моделювання навчальних аудиторій є доцільним і перспективним напрямом, що відповідає сучасним тенденціям цифровізації будівельної галузі та освітньої інфраструктури, а також створює передумови для подальшого впровадження інноваційних підходів у проєктуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers (3rd ed.). Wiley.
2. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. (2017). Київ : Мінрегіон України.

RESEARCH ON THE PROPERTIES OF GLASS-, BASALT-CARBON PLASTICS AND ALUMINUM STRUCTURES ADHESIVE JOINTS*Karandashov O. H., PhD, Senior Lecturer,**Pidhorna L. P., CTS, Associate Professor,**Cherkashyna H. M., CTS, Professor**National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

Currently, fiberglass pipes are widely used for transporting oil-gas-water mixtures, which allow reducing the consumption of ferrous and non-ferrous metals, increasing their reliability and service life. There are several installation methods for installing fiberglass pipelines, among which there is the most reliable method of fitting adhesive connection. To date, there is not enough information about the operational properties of some compounds used for fitting connections.

Special attention is also paid today to the materials from which the hulls of aircraft, location stations, missile systems for various purposes are made, where in order to reduce weight, increase radio transparency and improve other operational characteristics while maintaining the required level of physical and mechanical properties, the use of fiberglass and carbon fiber plastics has become widespread. However, in many designs, it is not possible to completely replace metal parts with fiberglass and carbon fiber plastic, so the task is to connect fiberglass and carbon fiber plastic with metal (in particular aluminum) parts.

The purpose of these studies was to study adhesive compositions that would allow for installation and repair work when connecting glass, carbon and basalt plastic pipes intended for transporting cold and hot water, various chemical media under high pressure, as well as intended for connecting glass, carbon and basalt plastic products and aluminum parts, not only with each other, but also within the same type of material.

The work studied such operational properties as the degree of hardening of the adhesive composition, the strength of the adhesive joints in the overlap under tensile conditions (MPa) (according to ISO 4587-79), the maximum pressure of the cyclic load test, the number of cycles before the adhesive joint fails, the tensile stress of the bandage in the circumferential direction, heat resistance, as well as water resistance, chemical resistance of the adhesive joints to the action of various chemical environments at different temperatures (according to ISO 2812-1:2007).

The aluminum alloy 5083 H111 was chosen as the aluminum element, containing about 4.5 % Mg. Due to this, this alloy has high weldability, high corrosion resistance and plasticity. Aluminum parts were made in the form of special rings 50 mm wide, which were glued along the inner diameter to the outer diameter of the glass, basalt, carbon fiber plastic pipe. After gluing, special metal flanges were put on top of the aluminum ring, which gripped the aluminum part, and the blind flange at the ends of the pipes directed the load in the direction of shear. The tests were carried out in two stages. At the first stage, internal pressure was applied to the closed system of the tested pipe by filling the internal container with water until the adhesive seam broke. The pressure increase occurred gradually at a rate of 0.5 MPa for 10 minutes. At the second stage, cyclic tests were carried out. The system was loaded at a maximum speed up to 90% of the destructive load, after which the pressure was sharply removed and this cycle was repeated. The number of cycles that did not lead to the destruction of the adhesive seam was considered the result of the test.

Glass, carbon and basalt plastic pipes that needed to be connected, as well as cylindrical test specimens with an internal diameter of 200 mm and a thickness of 14.5 mm, were obtained by the original continuous oblique-layer longitudinal-transverse winding using glass and basalt

roving with tex 600, 1200 and 2400. To manufacture specimens for shear strength testing, T-10-14 grade glass fabric, 125 g/m² carbon tape, basalt fabric made of basalt roving and twisted basalt complex yarns were used.

The hardening process of glass, carbon and basalt plastics was carried out using both electric heaters and infrared heaters.

The initial epoxy binder for the manufacture of pipes and test specimens contained epoxy oligomer CHS- Epoxy 520, hardener modified methyltetrahydrophthalic anhydride HT-152B and accelerator 2,4,6 – tris (dimethylaminomethyl) phenol brand UP-606/2.

To perform installation and repair work when connecting glass, carbon and basalt plastic pipes, the possibility of using KDEs in the cold and warm seasons, as well as when transporting various media through pipes at elevated temperatures, was considered.

For hot-curing adhesive compositions, along with the hardener XT-152B (hardening temperature 90–100 °C for 15–20 minutes), the hardener UP-0638/1 (mixtures of aromatic amines) was selected, as well as cycloaliphatic diamine-3-aminomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexylamine (isophorone diamine (IFDA)).

Cold-curing adhesive compositions contained hardeners UP-583d, Etal – 12, Etal – 45TZ2 (products of the interaction of phenol, formaldehyde with ethylene amines, the hardening time at a temperature from minus 10 to plus 10 °C is 20-40 minutes) and for comparison, the most common polyethylene polyamine (PEPA) , which was used for the installation of fiberglass pipes until recently.

In the course of research, it was found that the adhesive compound based on epoxy oligomer and polyethylene polyamine hardener cannot be used for the installation of pipes intended for hot water supply, since the adhesive compound based on this compound significantly reduces its mechanical performance at high temperatures, and the performance characteristics of the adhesive joint based on such a binder are also significantly reduced at high ambient humidity and in direct contact of water with the compound.

Hardeners UP-583d and Etal - 12 are good substitutes for the PEPA hardener in difficult installation conditions. The adhesive joint based on the binder with these hardeners does not change its strength characteristics depending on the ambient humidity during installation, even with open water ingress. However, it was necessary to analyze the possibility of their use for the installation of pipes intended for hot water supply. Selected hot-curing adhesive compositions with hardeners IFDA, XT-152B and YII-0638/1 were proposed for research with the aim of using them in the installation of pipes intended for hot water supply and in conditions of less influence of moisture on the strength characteristics of the adhesive joint.

The possibility of using adhesive compounds of the Crestomer 1186PA, Crestomer 1196PA and VK-9 brands for connecting glass, basalt and carbon-plastic products and aluminum parts was also investigated, not only with each other, but also within the same type of material.

As a result, depending on the technical operating conditions, the binder based on hardeners XT-152B and IFDA is recommended for use where high loads occur and the coolant has a higher temperature. Where these indicators are small, it is recommended to use an adhesive binder based on UP-0638/1 as a binder, which is less demanding on the conditions of installation work. A compound based on hardener UP-583d or Etal - 12 is recommended to be used as an adhesive composition when working at low ambient temperatures and for installing pipes intended for supplying cold water and various chemical media at low temperatures.

Adhesive compounds of the Crestomer 1186PA, Crestomer 1196PA and VK-9 brands when connecting glass, basalt and carbon fiber products and aluminum parts can withstand a maximum load pressure of about 10–15 MPa, the number of cycles before the adhesive joint fails, which is equal to 900–1200.

RESEARCH INTO THE STRUCTURING PROCESSES OF MULTIFUNCTIONAL MULTISPECTRAL COMPOSITES BASED ON ORTHOPHTHAL POLYESTER OLIGOMERS

*Polishchuk M., PhD student,
Lebedev V. V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Lytvyn A. O., PhD,
Shestopalov O. V., PhD, Associate Professor
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»*

Modern trends in the development of polymer materials are aimed at creating multifunctional composites that can combine high mechanical strength, chemical resistance and extended operational capabilities under the influence of various physicochemical factors. Multispectral composite systems are gaining particular relevance, the functional properties of which can change or manifest themselves in a wide range of the electromagnetic spectrum. Such materials are used in instrument making, sensor technologies, protective coatings, energy devices and structural elements operating in extreme conditions.

One of the promising classes of polymer matrices for creating such composites is orthophthalic polyester oligomers. They are characterized by developed reactive groups, good compatibility with various types of fillers and the ability to controlled structuring, which determines the final operational properties of the material. The processes of structure formation in such systems are multifactorial and depend on the nature of the oligomer, the type of initiators, temperature conditions, as well as on the characteristics of functional fillers, which can give the material conductive, optical, magnetic or barrier properties.

The study of the mechanisms of structure formation of multispectral composites based on orthophthalic polyester oligomers is necessary for optimizing technological parameters, predicting operational durability and purposeful control of the properties of final products. This opens up opportunities for the creation of new highly informative materials capable of performing several functions simultaneously, which is key in modern engineering and high-tech applications.

The work studies the influence of various factors on the gelation rate and duration of the structuring process of multifunctional multispectral composites based on orthophthalic polyester oligomers.

The following materials were used to design whisker-reinforced orthophthalic polyester composites:

- ES-1060-2 orthophthalic polyester (ESKİM KİMYA, Turkey): an unsaturated, casting-grade polyester oligomer with medium reactivity and high elasticity;
- Methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) of grades LUPEROX K1 S (Arkema, France) and PROMOX P200TX (Promox, Italy) were used as initiators;
- AKCOBALT 6 % (Akpa Chemistry, Turkey) was used as an accelerator. It is a solution of cobalt salts of organic acids in styrene;
- fiberglass;
- a functional filler was synthesized via the recrystallizing titanium dioxide into fibrous whiskers from KCl-NaCl and $\text{KCl-NaCl-}\sum\text{TiCl}_n$ molten fluxes under an inert gas stream.

An viscometer with a dynamic viscosity measurement range from 0 to 5000 mPa was used for the study. The setup for measuring the curing exotherm was based on an ESP32 microcontroller. A PT100 platinum resistance thermometer (RTD) was utilized, featuring a temperature range of $-20\text{ }^\circ\text{C}$ to $+500\text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 2.5\text{ }^\circ\text{C}$) and an accuracy of $\pm 0.3\text{--}0.8\text{ }^\circ\text{C}$ within the

0–450 °C range. A MAX31865 converter module was employed for data acquisition and transmission from the RTD to the microcontroller.

Research methodology flowchart is shown in figure 1.

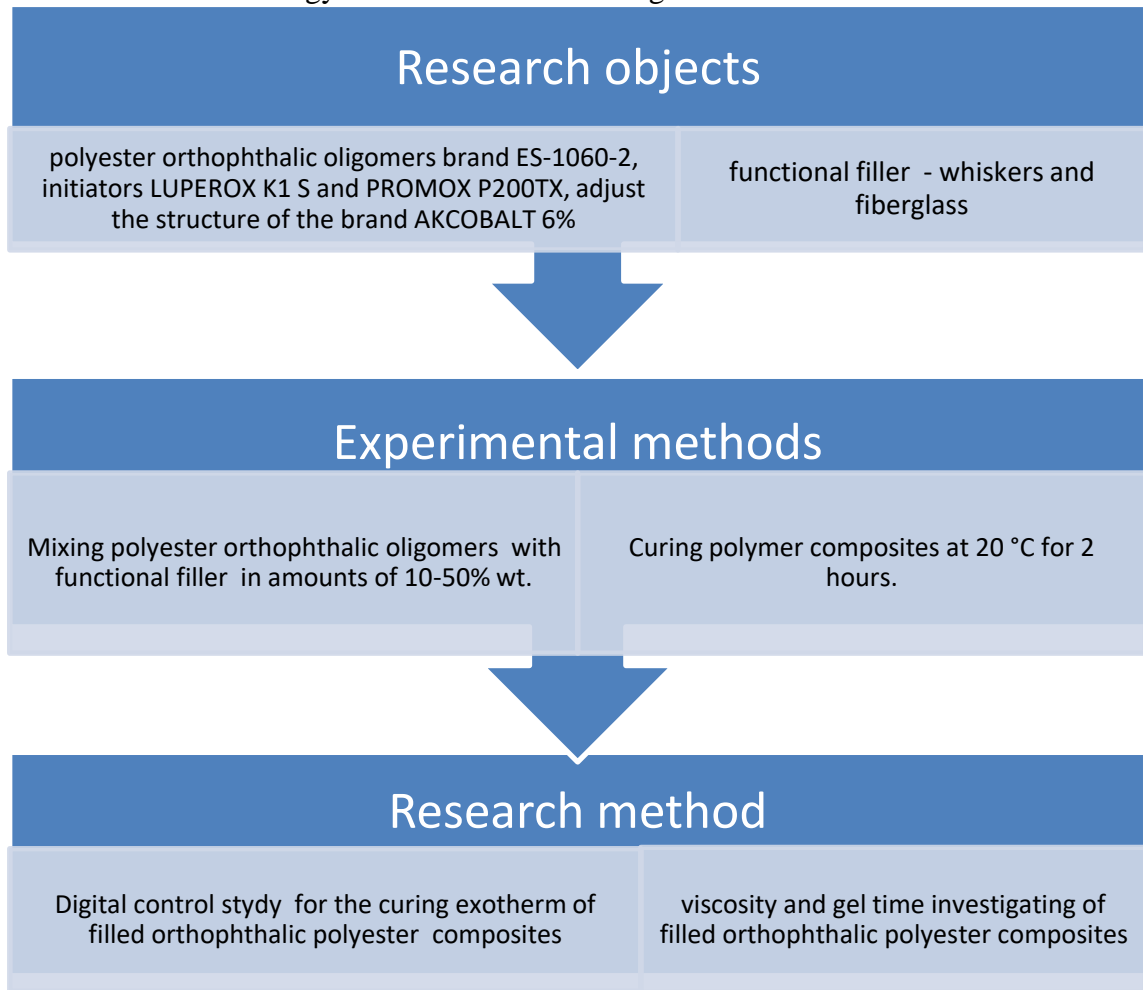


Figure 1 – Research methodology flowchart

According to the results of the study, the influence of various factors on the gelation rate and duration of the structuring process of multifunctional multispectral composites based on orthophthalic polyester oligomers was optimized, and the optimal content of the initiator and fillers was determined.

REFERENCES

1. Moiseev, V. F., Shestopalov, O. V., Vyrovets, S. V. (2023). Design of inorganic polymer composites for electromagnetic radiation absorption using potassium titanates, *Journal of Engineering Sciences*. 10(1) C1-C8.
2. Riabchenko, M., Lytvyn, A., Ivashchenko, D., Lebedev, V. (2025). Study of the Process of Synthesis of Functional Fillers for Polymer Composites for Protection against Electro-magnetic Radiation, *Materials Science Forum*. 1162. 19–25.

СЕКЦІЯ 5 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 351.861

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ЩО ВПЛИВАЄ НА РОЗРИВ ЕЛЕМЕНТІВ СТРАХУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

*Белюченко Д. Ю., к.т.н.,
Щербина Р. Г.,
Полов'ян А. В.*

Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах проведення аварійно-рятувальних робіт підрозділами ДСНС України особливого значення набуває надійність страхувальних систем, що застосовуються під час висотних, пошукових та аварійно-рятувальних робіт [1]. Забезпечення безпеки рятувальників і постраждалих безпосередньо залежить від міцності, стабільності та прогнозованості поведінки елементів спеціального спорядження та оснащення під навантаженням. У зв'язку з цим актуальним є проведення статичних випробувань на розрив із метою дослідження факторів, що впливають на ефективність і надійність страхувальних систем.

Результати проведених випробувань показали, що очікування щодо поведінки системи під навантаженням значно відрізняються від фактичних даних. Зокрема, встановлено, що механіка роботи страхувальної системи є значно складнішою, ніж передбачалося на основі базових теоретичних моделей. Виявлено, що на її надійність впливають не лише очевидні параметри, такі як тип матеріалу чи кількість елементів, а й менш очевидні характеристики, зокрема структура волокон, технологія виготовлення та шорсткість поверхні петель.

Одним із ключових факторів, що визначають поведінку системи, є коефіцієнт тертя між елементами спорядження. Сила тертя, яка виникає в місцях контакту петлі з карабіном або вузлом, може бути описана як:

$$F_m = \mu \cdot N \quad (17)$$

де μ – коефіцієнт тертя, N – нормальна сила притискання. Саме величина коефіцієнта тертя значною мірою визначає стабільність анкерного вузла та здатність системи протидіяти ковзанню під навантаженням.

У ході дослідження встановлено, що спосіб виробництва текстильних петель суттєво впливає на значення коефіцієнта тертя. Зокрема, петлі, виготовлені з використанням різної кількості основних ниток або різних технологій плетіння, демонструють відмінну поведінку під навантаженням. Навіть незначні зміни у структурі матеріалу можуть призводити до суттєвих відмінностей у роботі системи. Так, петлі з більш гладкою поверхнею мають тенденцію до ковзання при нижчих навантаженнях, тоді як більш шорсткі матеріали забезпечують краще зчеплення та підвищену стабільність.

Особливої уваги заслуговує порівняння матеріалів, що використовуються у страхувальних системах. Наприклад, петлі з високомолекулярного поліетилену (типу Дунеета) характеризуються низьким коефіцієнтом тертя, що може призводити до передчасного ковзання у вузлах. У той же час поліамідні матеріали мають більш виражену

шорсткість, що забезпечує вищий рівень тертя та, відповідно, кращу фіксацію вузлів. Це має критичне значення у рятувальних операціях, де навіть незначне зміщення вузла може призвести до втрати контролю над навантаженням.

Ще одним важливим фактором, що впливає на результати статичних випробувань, є попередній натяг анкерного вузла. Дослідження показали, що ступінь затягнутості вузла перед прикладанням основного навантаження суттєво змінює його поведінку. У випадках, коли вузол попередньо натягнутий, відбувається збільшення сили тертя між елементами, що призводить до підвищення сили, необхідної для його зміщення.

Це явище особливо актуальне для умов роботи підрозділів ДСНС, де можливі сценарії різкого перерозподілу навантаження, наприклад, при руйнуванні однієї з точок закріплення або при динамічному навантаженні під час евакуації постраждалого. У таких ситуаціях попередньо затягнуті вузли демонструють значно вищу стійкість до ковзання, що підвищує загальну надійність системи.

Водночас відсутність попереднього натягу може призводити до неконтрольованого переміщення вузлів навіть при відносно невеликих навантаженнях. Це створює додаткові ризики під час виконання рятувальних робіт, особливо у вертикальному або похилому середовищі, де стабільність системи є критично важливою.

Отримані результати підкреслюють, що поведінка страхувальних систем визначається комплексною взаємодією низки факторів, серед яких ключову роль відіграють мікроструктура матеріалу, технологія виготовлення, шорсткість поверхні, а також умови попереднього навантаження. У контексті діяльності ДСНС України це означає необхідність більш ретельного підходу до вибору спеціального спорядження та методів його використання [2].

З практичної точки зору, використання петель із підвищеною шорсткістю, зокрема поліамідних, є доцільним у ситуаціях, де існує ризик ковзання вузлів або нестабільного навантаження. Водночас застосування більш гладких матеріалів потребує додаткових заходів безпеки, таких як використання додаткових вузлів, збільшення кількості витків або попереднє затягування системи.

Таким чином, результати статичних випробувань на розрив свідчать про необхідність урахування не лише номінальних характеристик матеріалів, але й особливостей їхньої взаємодії у складі страхувальних систем. Фактори, які традиційно вважалися другорядними, можуть мати вирішальний вплив на безпеку та ефективність рятувальних операцій.

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що підвищення надійності страхувальних систем у підрозділах ДСНС України можливе за умови комплексного підходу, який включає правильний вибір матеріалів, урахування їх трибологічних властивостей, контроль попереднього натягу вузлів та вдосконалення практичних навичок особового складу. Подальші дослідження у цьому напрямі доцільно спрямувати на експериментальне визначення оптимальних параметрів систем та розробку рекомендацій для їх застосування в умовах реальних надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белюченко Д. Ю., Стрілець В. М., Максимов А. В. Порівняльна оцінка різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт. *Problems of Emergency Situations*. 2023. № 38. С. 80–95. DOI: 10.52363/2524-0226-2023-38-6
2. Белюченко Д. Ю., Амлин Б. В. Особливості підготовки рятувальників-верхолазів до проведення висотно-рятувальних робіт. *Problems of Emergency Situations: зб. Міжнародна науково-практична конференція 14 травня 2025 м. Черкаси: НУЦЗУ, 2025. С. 216–217.*

КАТАЛІТИЧНЕ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ СМОЛОПЕРЕРОБНОГО ЦЕХУ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Белоконь К. В.¹, к.т.н., доцент,
Мальований М. С.², д.т.н., професор,
Проскурнін О. А.³, д.т.н., с.н.с.,
Мележик Р. С.⁴, PhD*

¹Запорізький національний університет,

²Національний університет «Львівська Політехніка»,

³НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,

⁴Національний університет цивільного захисту України

Коксохімічна галузь є стратегічно важливою ланкою економіки, що забезпечує сировиною чорну металургію та хімічну промисловість. Проте виробничі цикли, зокрема переробка кам'яновугільної смоли, супроводжуються виділенням значної кількості високотоксичних та канцерогенних речовин. Аналіз екологічних ризиків демонструє критичне перевищення гранично допустимих рівнів забруднення: неканцерогенний вплив перевищує норму у 50 разів, а канцерогенний – у 63 рази.

Процеси смолопереробки та вловлювання хімічних продуктів супроводжуються викидами токсичних речовин через повітряні воздушники емностей та апаратів. Основними джерелами забруднення в смолопереробному цеху та відділеннях уловлювання є: відділення дистиляції смоли; сховища масел та смоли; відділення дистиляції бензолу.

Викиди смолопереробного цеху характеризуються наявністю складного спектру небезпечних речовин: органічні сполуки – бензол, фенол, нафталін, антрацен, бенз(а)пірен; неорганічні гази – сірководень, аміак, ціаністий водень.

Основними методами знешкодження газових викидів є:

1. Подання в магістраль прямого коксового газу: простий метод, який не забезпечує очищення від ПАУ та бенз(а)пірену, що призводить до розповсюдження канцерогенів по всьому комбінату.

2. Термічне допалювання: потребує екстремальних температур (1500–1700 °С для бенз(а)пірену), що веде до надмірних витрат палива та утворення оксидів азоту.

3. Каталітичне окислення: протікає при температурах 300–500 °С. Забезпечує стабільне очищення (98–100 %) навіть при малих концентраціях токсинів, є автоматизованим та найбільш економічним.

Основним технологічним рішенням для мінімізації екологічних збитків є впровадження установок каталітичного знешкодження газових викидів. Цей метод, порівняно з термічним допалюванням або поверненням газів у загальну магістраль, є найбільш економічно вигідним та екологічно ефективним.

Практичне застосування каталітичного методу на підприємстві ПрАТ «Запоріжжкокс» підтверджує можливість досягнення ступеня очищення на рівні 92–99 %, що дозволяє привести сумарні викиди у відповідність до норм гранично допустимих викидів (ГДВ).

На підприємстві впроваджено чотири установки КРІ-3У-01. Кожна установка складається з двох паралельних реакторів (один резервний) та вентилятора [1].

Технологічні параметри процесу:

- каталізатор: інтерметалідний Fe-Al каталізатор з добавками перехідних металів, розроблений на кафедрі металургійних технологій, екології та техногенної безпеки Запорізького національного університету;
- температура в реакторі: 400–450 °С;
- механізм: окислення шкідливих сполук до безпечних CO₂ та H₂O;
- підігрів: електричні нагрівачі потужністю 45–60 кВт;
- охолодження: перед викидом в атмосферу газу розбавляються повітрям до температури нижче 75–80 °С.

Інтерметалідні каталізатори системи Fe-Al з добавками перехідних металів є перспективними для процесів очищення газових викидів, зокрема в умовах коксохімічного та металургійного виробництва. Їхня структура та властивості дозволяють ефективно замінювати дорогі каталізатори на основі благородних металів. Основними характеристиками та особливостями таких систем є:

- термічна стабільність: висока температура плавлення інтерметалідів дозволяє використовувати їх у реакторах каталітичного спалювання при температурах 300–600 °С без ризику спікання.

- корозійна стійкість: утворення захисної оксидної плівки на поверхні захищає каталізатор від агресивних компонентів коксового газу.

- механічна міцність: інтерметаліди мають високу твердість, що важливо для тривалої експлуатації в умовах високих швидкостей газового потоку.

Додавання перехідних металів (таких як Cu, Mn, Ni, Cr або Co) до базової системи Fe-Al виконує роль промоторів, що значно підвищують активність каталізатора в реакціях низькотемпературного окиснення монооксиду вуглецю та вуглеводнів, покращує стійкість до завуглецювання та підвищує загальну каталітичну активність щодо органічних сполук (бензолу, фенолу).

Ефективність очищення газових викидів смолопереробного цеху ПрАТ «Запоріжжкокс» на розробленому каталізаторі за даними випробувань наведено у табл.1.

Таблиця 1 – Ефективність очищення газових викидів смолопереробного цеху ПрАТ «Запоріжжкокс» на інтерметалідному Fe-Al каталізаторі

Підрозділ	Забруднююча речовина	Концентрація до очищення (мг/м ³)	Концентрація після очищення (мг/м ³)	Ступінь очищення (%)
Склад смоли	Бензол	123,1	0,615	99,5 %
	Фенол	11,83	0,024	99,8 %

Встановлено, що каталітичне знешкодження є оптимальним методом екологічного захисту в коксохімії. Впровадження компактних установок типу КРІ-ЗУ-01 з інтерметалідним каталізатором дозволяє ефективно нейтралізувати широкий спектр токсичних речовин, включаючи фенол та бензол. Результати налагоджувальних робіт підтверджують, що сумарні викиди вуглеводнів після очищення радикально знижують канцерогенне навантаження на навколишнє середовище.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rumiantsev, V., Yakubin, N., Belokon, K., Matukhno, E., Leventsova, S. (2015). Ecological aspects of the neutralization of gas emissions leaving from the resin storehouse of Joint-stock company «Zaporozhkoks». Metallurgical and Mining Industry. 4. 105–109.

АНАЛІЗ ДАНИХ ІНТЕРАКТИВНОЇ МАПИ ПОТЕНЦІЙНОЇ ШКОДИ ДОВКІЛЛЮ

*Босюк А. С., PhD,
Філоненко А. В.,
Баба К. О.,
Кондратенко О. Ю.*

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Сучасні збройні конфлікти дедалі частіше визнаються не лише гуманітарною та геополітичною катастрофою, але й потужним фактором деградації довкілля та погіршення умов життя мільйонів людей. Повномасштабна російська агресія проти України, що триває з 24 лютого 2022 року, стала одним із найбільш руйнівних прикладів такого впливу в ХХІ столітті [1]. Війна спричинила руйнування промислової, енергетичної та нафтогазової інфраструктури, численні пожежі, викиди небезпечних речовин, забруднення водних об'єктів і ґрунтів, а також прямі загрози ядерній безпеці [2, 3]. Ці процеси мають як безпосередній, так і довгостроковий ефект на стан екологічної безпеки, особливо в промислових регіонах, прифронтових територіях і зонах підвищеної небезпеки.

За даними Центру екологічних ініціатив «Екодія» [4], станом на 22 лютого 2026 року зафіксовано понад 2600 випадків потенційної шкоди довкіллю (рис. 1), спричиненої воєнними діями. Інтерактивна мапа систематизує дані за такими категоріями, як пошкодження промислових об'єктів, нафтогазової інфраструктури, енергетичних об'єктів, ядерних установок, а також прямі впливи на екосистеми, морське середовище та об'єкти поводження з відходами. Кожен випадок оцінюється за шкалою «Ранг шкоди» від 1 (ураження без підтверженого екологічного впливу) до 3 (значна шкода з достатньою доказовою базою).

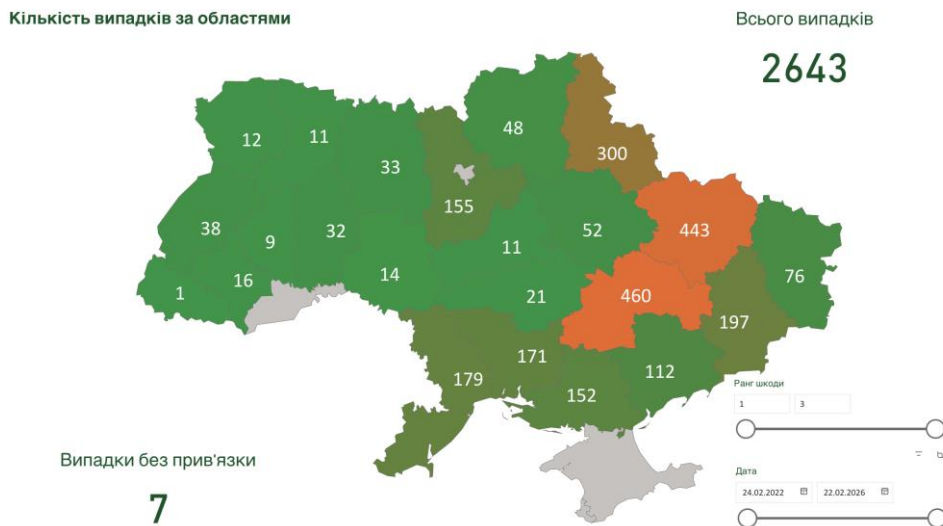


Рисунок 1 – Інтерактивна мапа негативного впливу на довкілля [4]

З рис. 1 бачимо чіткий просторовий розподіл – найбільша концентрація негативної дії припадає на східні та південно-східні регіони України. Лідером за кількістю інцидентів є Дніпропетровська область (близько 460 випадків), що пояснюється інтенсивними обстрілами промислової інфраструктури та логістичних об'єктів. Далі йдуть Харківська

область (зокрема, місто Харків) – 443 випадки, Сумська (300 випадків), Донецька (197 випадків), Одеська (179 випадків), Миколаївська (171 випадок), Херсонська (152 випадки) та Запорізька (112 випадки) області, де пошкодження промислових, енергетичних і нафтогазових об'єктів призводить до масового викиду токсичних речовин, забруднення повітря, ґрунтів і водних джерел.

Довгострокові наслідки для навколишнього середовища включають хронічне забруднення важкими металами, нафтопродуктами та радіоактивними елементами, мінування територій, деградацію екосистем і посилення кліматичних змін через викиди парникових газів. Ці фактори безпосередньо загрожують здоров'ю населення, викликаючи ризики онкологічних захворювань, респіраторних проблем, отруєнь і зниження якості життя в забруднених регіонах.

Екологічна катастрофа вийшла за межі України, впливаючи на транскордонні екосистеми, зокрема Чорне та Азовське моря. Наприклад, руйнування Каховської ГЕС у червні 2023 року спричинило масовий скид прісної води із забруднювачами (важкими металами, нафтопродуктами, хімічними речовинами, мінами та органічними відходами), що призвело до зміни солоності, евтрофікації, масової загибелі морських організмів і поширення забруднення на значні акваторії Чорного моря, впливаючи на сусідні країни (Румунію, Болгарію, Туреччину) через течії та харчові ланцюги [5, 6].

Таким чином, аналіз даних інтерактивної мапи потенційної шкоди довкіллю підтверджує, що воєнні дії в Україні є потужним каталізатором багатокомпонентного забруднення, Чорного моря, яке виходить за межі локальних ефектів і стає частиною глобальної проблеми деградації Світового океану, вимагаючи міжнародного моніторингу та скоординованих заходів відновлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P. K., Hussain, C. M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment*. 850. 157932. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>
2. Leal Filho, W., Eustachio, J. H. P. P., Fedoruk, M., Lisovska, T. (2024). War in Ukraine: an overview of environmental impacts and consequences for human health. *Frontiers in Sustainable Resource Management*. 3. URL: <https://doi.org/10.3389/fsrma.2024.1423444>
3. Бондар О. Б., Мельник Є. Є., Погорелова О. М., Бицюра Л. О., Головатюк Л. М. Аналіз результатів впливу військових дій на довкілля та інфраструктуру України. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2025. № 35(1). С. 60–67. URL: <https://doi.org/10.36930/40350108>
4. Випадки потенційної шкоди довкіллю, спричинені російською агресією. URL: <https://ecoaction.org.ua/warmap.html> (дата звернення 01.03.2026).
5. Shumilova O., Sukhodolov A., Osadcha N., Oreshchenko A., Constantinescu G., Afanasyev S., Koken M., Osadchyi V., Rhoads B., Tockner K., Monaghan M. T., Schröder B., Nabyvanets J., Wolter C., Lietytska O., van de Koppel, J., Magas N., Jähniq S. C., Lakisova V., ... Grossart H.- P. (2025). Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. 387(6739). 1181–1186. URL: <https://doi.org/10.1126/science.adn8655>
6. Jiang D., Khokhlov V., Tuchkovenko Y., Kushnir D., Ovcharuk V., Spyraeos E., Stanica A., Slabakova V., Tyler A. (2025). The biogeochemical response of the north-western Black Sea to the Kakhovka Dam breach. *Communications Earth & Environment*. 6(1). URL: <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02153-z>

АНАЛІЗ СЕРЕДНЬОДОБОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ м. СУМИ

*Бригада О. В., к.т.н., доцент,
Гриценко М. С.*

Національний університет цивільного захисту України

Забруднення атмосферного повітря є одним із найважливіших екологічних факторів, що впливають на здоров'я населення та стан довкілля. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, погіршення якості атмосферного повітря є однією з основних причин зростання захворюваності органів дихання та серцево-судинної системи. Особливо актуальною ця проблема є для урбанізованих територій, де концентрація антропогенних джерел викидів є значною.

Одним із ключових інструментів оцінювання стану атмосферного повітря є державний екологічний моніторинг, який забезпечує систематичне отримання даних щодо концентрацій забруднювальних речовин.

Місто Суми належить до промислових центрів північно-східної частини України, де на формування якості атмосферного повітря впливають автотранспорт, промислові підприємства, енергетичні установки, опалювальні системи тощо. У зв'язку з цим аналіз сучасних даних моніторингу атмосферного повітря є важливим для оцінювання екологічного стану міського середовища.

Наукова новизна дослідження полягає в узагальненні сучасних даних державного моніторингу атмосферного повітря м. Суми за 2024 рік та встановленні сезонних особливостей зміни концентрацій основних забруднювальних речовин.

Метою роботи є узагальнення та аналіз середньодобових концентрацій основних забруднювальних речовин атмосферного повітря м. Суми за 2024 рік.

Інформаційною основою дослідження стали офіційні дані державного моніторингу атмосферного повітря, оприлюднені Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України [1].

Аналіз проводився на основі щотижневих звітів щодо середньодобових концентрацій забруднювальних речовин у атмосферному повітрі м. Суми.

Оцінювалися концентрації таких забруднювальних речовин: пил (завислі речовини), діоксид азоту (NO_2), діоксид сірки (SO_2), оксид вуглецю (CO), формальдегід та аміак (NH_3).

Отримані значення порівнювалися із середньодобовими гранично допустимими концентраціями ($\text{ГДК}_{\text{с.д.}}$), встановленими державними медико-санітарними нормативами допустимого вмісту хімічних речовин в атмосферному повітрі населених місць [2].

Для аналізу використовувалися методи: статистичного узагальнення, порівняльного аналізу, екологічної оцінки рівня забруднення атмосферного повітря.

Результати аналізу показали, що загальний рівень забруднення атмосферного повітря м. Суми у 2024 році можна охарактеризувати як помірний, із наявністю сезонних коливань концентрацій забруднювальних речовин (табл. 1).

Концентрації деяких досліджуваних показників (CO , NH_3 та SO_2) у значній частині випадків не перевищували встановлені нормативні значення. Найбільші перевищення ГДК зафіксовано для завислих речовин, діоксиду азоту та формальдегіду.

Таблиця 1 – Максимальні концентрації забруднювальних речовин у атмосферному повітрі м. Суми у 2024 році

Забруднювач	ГДК _{с.д.} , мг/м ³	Максимальна концентрація, мг/м ³	Кратність перевищення
Пил (завислі речовини)	0,15	0,65	4,3 ГДК
Діоксид азоту (NO ₂)	0,04	0,148	3,7 ГДК
Формальдегід	0,003	0,0147	4,9 ГДК
Оксид вуглецю (CO)	3	не перевищує	–
Діоксид сірки (SO ₂)	0,05	не перевищує	–
Аміак (NH ₃)	0,04	не перевищує	–

Аналіз даних показав наявність вираженої сезонної динаміки концентрацій забруднювальних речовин. У зимовий період спостерігається підвищення концентрацій діоксиду азоту та оксиду вуглецю, що пов'язано з: опалювальним сезоном, збільшенням обсягів спалювання палива, використанням генераторів під час відключень електроенергії. У весняний період відзначається підвищення концентрації завислих речовин, що пояснюється сухими погодними умовами та інтенсивним підняттям пилу з поверхні ґрунту та дорожнього покриття. У літній період спостерігається підвищення концентрації формальдегіду, що зумовлено активізацією фотохімічних реакцій у атмосфері, інтенсивністю сонячної радіації та високими температурами повітря. Восени відзначається відносна стабілізація концентрацій більшості забруднювальних речовин.

Отримані результати можуть бути використані для оцінювання екологічного стану міського середовища, розроблення природоохоронних заходів та вдосконалення системи моніторингу атмосферного повітря.

Таким чином, атмосферне повітря м. Суми у 2024 р. характеризується переважно помірним рівнем забруднення. Найбільші перевищення середньодобових ГДК спостерігалися для завислих речовин, діоксиду азоту та формальдегіду. Виявлено виражену сезонну динаміку забруднення, зумовлену метеорологічними умовами та антропогенними джерелами викидів. Основними джерелами забруднення атмосферного повітря міста є автотранспорт, промислові підприємства та опалювальні системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стан атмосферного повітря у м. Суми: дані державного моніторингу атмосферного повітря. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamku/ekologichnyj-monitoring/stan-atmosfernogo-povitrya/sumy/>

2. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 10.05.2024 № 813. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#Text>

СИНТЕТИЧНІ АНІОННІ ГЛИНИ (ШАРУВАТІ ПОДВІЙНІ ГІДРОКСИДИ) В СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ: СОРБЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ТА УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СОРБЕНТІВ

Бутенко Е. О., к.т.н., доцент

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

У статті розглянуто застосування синтетичних аніонних глин – шаруватих подвійних гідроксидів (ШПГ) різного складу – як ефективних сорбентів для вилучення органічних забруднювачів із промислових стічних вод. Проаналізовано вплив катіонного складу (Mg/Al, Zn/Al, Ca/Al, Zn/Fe, Zn/Cr), методів модифікації (інтеркаляція органічними аніонами, створення композитів, формування 3D-структур) на сорбційну ємність щодо органічних барвників, фенолів, ПАВ. Окрему увагу приділено проблемі утилізації відпрацьованих сорбентів та перспективним підходам до їх повторного використання як каталізаторів деградації органічних поллютантів або як компонентів будівельних матеріалів. Наведено порівняльні таблиці сорбційних характеристик, діаграми механізмів сорбції та схеми циклічної переробки сорбентів відповідно до принципів циркулярної економіки.

Ключові слова: шаруваті подвійні гідроксиди, аніонні глини, сорбція, органічні забруднювачі, промислові стічні води, модифікація сорбентів, ефект пам'яті, утилізація.

Забруднення водних об'єктів промислових регіонів органічними сполуками є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Текстильна, хімічна, нафтопереробна та фармацевтична промисловість щорічно генерують мільйони кубометрів стічних вод, що містять стійкі органічні забруднювачі, синтетичні барвники, поверхнево-активні речовини та фенольні сполуки. Традиційні методи очищення (біологічна деградація, коагуляція) часто виявляються недостатньо ефективними для видалення токсичних органічних поллютантів, що зумовлює пошук нових високоефективних сорбційних матеріалів.

ШПГ, відомі також як синтетичні аніонні глини або гідроталькітоподібні матеріали, привертають значну увагу дослідників завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям: регульованому катіонному складу, високій аніонообмінній ємності, розвиненій питомій поверхні, здатності до інтеркаляції різноманітних аніонів та ефекту «структурної пам'яті». Ці матеріали демонструють високу ефективність у вилученні аніонних органічних забруднювачів з водних розчинів.

ШПГ належать до класу аніонних глин із загальною формулою: $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2]^{x+}[A^{n-}_{x/n}] \cdot mH_2O$, де M^{2+} – двовалентний катіон (Mg^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+}), M^{3+} – тривалентний катіон (Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+}), A^{n-} – міжшаровий аніон (CO_3^{2-} , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , органічні аніони), x – мольне співвідношення $M^{3+}/(M^{2+}+M^{3+})$, яке зазвичай становить 0,2–0,33.

Структура ШПГ утворена позитивно зарядженими бруситоподібними шарами $[M(OH)_2]$, в яких частина двовалентних катіонів ізоморфно заміщена тривалентними. Для компенсації надлишкового позитивного заряду в міжшаровий простір входять аніони разом з молекулами води.

Основними методами синтезу ШПГ є співосадження, гідротермальний синтез, золь-гель метод та гідроліз сечовини. Вибір методу визначає морфологію, кристалічність, розмір частинок та питому поверхню отриманих матеріалів.

Для підвищення сорбційної ємності та селективності ШПГ щодо органічних забруднювачів застосовують різні стратегії модифікації. Інтеркаляція органічних

аніонів (додецилсульфат, алкілкарбоксилати) – розширення міжшарового простору та створення гідрофобних доменів. Створення композитів з активованим вугіллям, полімерами, оксидами металів. Формування 3D-ієрархічних структур - квіткоподібні, губкоподібні матеріали з підвищеною доступністю активних центрів. Прожарювання для отримання змішаних оксидів (ШПГ) з більшою питомою поверхнею.

Катіонний склад ШПГ суттєво впливає на густину заряду шару, відстань між шарами та хімічну спорідненість до різних органічних полютантів. У дослідженні порівнювали сорбційну здатність Zn-M-CO₃ ШПГ (M=Fe, Cr, Al) щодо аніонного барвника індигокарміну.

Таблиця 1 – Сорбційні характеристики Zn-M-CO₃ ШПГ щодо індигокарміну

Склад ШПГ	Питома поверхня (ВЕТ), м ² /г	Час досягнення рівноваги, хв	Максимальна сорбційна ємність (Langmuir), мг/г
Zn-Fe-CO ₃	52,24	15	94,87
Zn-Cr-CO ₃	46,70	40	21,79
Zn-Al-CO ₃	49,99	55	66,71

Найвищу сорбційну ємність продемонстрував Zn-Fe-CO₃ (94,87 мг/г), що пояснюється найбільшими параметрами кристалічної ґратки та найвищою питомою поверхнею. Кінетика сорбції для всіх зразків відповідала моделі псевдо-другого порядку, що вказує на хімічну взаємодію як лімітуючу стадію процесу. Вилучення органічних забруднювачів ШПГ відбувається за кількома механізмами: іонний обмін, електростатична взаємодія, водневі зв'язки, гідрофобні взаємодії та π-π зв'язки, комплексоутворення.

Унікальною властивістю ШПГ є «ефект пам'яті» - здатність прожарених матеріалів (змішаних оксидів, ШПГ) відновлювати вихідну шарувату структуру при контакті з водними розчинами, що містять аніони. Цей ефект відкриває додаткові можливості для сорбції органічних забруднювачів.

Проблема утилізації відпрацьованих сорбентів, насичених органічними забруднювачами, є критично важливою для практичного впровадження сорбційних технологій. Сучасні дослідження пропонують кілька перспективних напрямків вирішення цієї проблеми.

Композит АСФ/ШПГ продемонстрував відмінну здатність до регенерації завдяки динамічній зміні пористої структури в циклі сорбція-десорбція. Під час сорбції відбувається перетворення АСФ/ШПГ на АСФ/ШПГ, що супроводжується розширенням середнього діаметру пор та полегшенням дифузії барвника всередину пор. При регенерації пориста структура відновлюється. Навіть після п'яти послідовних циклів не спостерігалось значного зниження сорбційної ємності.

Оригінальний підхід запропоновано в роботі, де відпрацьований сорбент Cr-MgAlO (MgAl-змішані оксиди після сорбції Cr(VI)) було успішно використано як каталізатор для видалення метилового оранжевого. Ефективність видалення барвника досягла 75,6 %, причому після п'яти циклів використання каталітична активність суттєво не знижувалася. Цей підхід реалізує концепцію «перетворення відходів на корисні продукти» і може бути поширений на сорбенти, насичені органічними забруднювачами. Інтеркальовані органічні молекули можуть виступати як відновлювачі або сенсibilізатори в фотокаталітичних процесах.

1. Синтетичні аніонні глини (ШПГ) є перспективним класом сорбентів для вилучення органічних забруднювачів із промислових стічних вод завдяки регульованому складу, високій аніонообмінній ємності, розвиненій поверхні та унікальному ефекту пам'яті.

2. Катіонний склад ШПГ суттєво впливає на сорбційні властивості. Найвищу ефективність щодо аніонних барвників демонструють Zn-Fe-CO₃ ШПГ (94,87 мг/г для індигокарміну) завдяки оптимальним параметрам кристалічної ґратки та високій питомій поверхні.

3. Модифікація ШПГ органічними аніонами та створення композитів з вуглецевими матеріалами дозволяє підвищити сорбційну ємність до 454,9–793,96 мг/г та розширити спектр органічних поллютантів, що вилучаються (барвники, ПАР, нафталін).

4. Механізми сорбції включають іонний обмін, електростатичну взаємодію, водневі зв'язки, π - π взаємодії та гідрофобні ефекти, причому для різних типів забруднювачів домінують різні механізми.

5. Ефект пам'яті ШПГ забезпечує підвищення сорбційної ємності прожарених форм (ШПГ) у 6 разів порівняно з непрожареними матеріалами завдяки формуванню нанокристалічних агрегатів з експлоїтованими шарами.

6. Утилізація відпрацьованих сорбентів можлива через регенерацію (ACF/ШПГ зберігає 95 % активності після 5 циклів) або трансформацію в каталізатори (Cr-MgAlO забезпечує 75,6 % видалення метилового оранжевого).

7. Концепція циркулярної економіки для ШПГ-сорбентів передбачає створення замкнених циклів водоочищення з подальшим використанням відпрацьованих матеріалів як каталізаторів, добавок до будівельних матеріалів або компонентів добрив.

Перспективи промислового впровадження пов'язані з розробкою «зелених» методів синтезу, створенням мультифункціональних композитів та масштабуванням технологій до реальних умов експлуатації.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Великий А. О.,

Цимбал Б. М., д.держ.упр., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Військовий стан, запроваджений в Україні з 24 лютого 2022 р., який суттєво змінив умови функціонування підприємств критичної інфраструктури (далі – ОКІ). Згідно із Законом України «Про критичну інфраструктуру» [1], до ОКІ належать об'єкти енергетики, транспорту, зв'язку, водопостачання, хімічної промисловості тощо, порушення роботи яких загрожує національній безпеці. У таких умовах традиційна система управління охороною праці (СУОП), регламентована Законом України «Про охорону праці» [2], потребує адаптації до нових ризиків: обстрілів, мінування, повітряних тривог, збільшеного робочого часу (до 60 год/тиждень), дефіциту персоналу через мобілізацію.

Нормативна база воєнного часу зберігає повний обсяг обов'язків роботодавця щодо охорони праці (ст. 6 Закону № 2136-IX [3]), але вводить гнучкість: зміна режимів роботи, переведення без згоди працівника, відмова у відпустках (крім декретних) для працівників ОКІ [3; 4]. Ключові документи: Постанова КМУ № 733 про укриття [5], рекомендації щодо розслідування нещасних випадків у спрощених строках, одноразова допомога за шкоду здоров'ю працівникам ОКІ [6].

Основні воєнні ризики на ОКІ: фізичні (уламки, вибухи), психосоціальні (стрес, ПТСР від тривоги), організаційні (дефіцит кадрів, надурочні), технологічні (робота на пошкодженному обладнанні).

Адаптація СУОП включає:

- оновлення оцінки ризиків з урахуванням воєнних факторів (картки ризиків, план дій під час тривоги);
- організацію укриттів (найпростіші споруди, алгоритми оповіщення);
- посилення інструктажів з цивільного захисту та воєнних ризиків (допускається дистанційно);
- забезпечення ЗІЗ (захист від уламків, респіратори при задимленні/хімвикидах);
- психологічну підтримку та медогляди в адаптованому форматі;
- інтеграцію СУОП з планами безперервності бізнесу та цивільного захисту.

Енергетичні компанії після масованих атак 2022-2025 рр. впровадили резервне живлення, ротацію змін, цифрові системи оповіщення. Залізниця та водоканали організували укриття на об'єктах та впровадили психологічну допомогу. Судова практика 2023-2025 рр. підтверджує: роботодавець звільняється від відповідальності за нещасні випадки, якщо проведено розслідування та документацію охорони праці оформлено належним чином [7].

Виклики впровадження та рекомендації. Серед основних викликів – поєднання підвищеної тривалості робочого часу (до 60 год/тиждень) з ризиком вигорання та ПТСР, дефіцит кадрів через мобілізацію, руйнування укриттів та обладнання. Методичні рекомендації НААУ (2026) [7] та інші джерела наголошують:

- обов'язковому оновленні Положення про СУОП з урахуванням воєнних ризиків (включення модулів з ЦЗ, психологічної підтримки);
- пріоритетному навчанні керівників та інструкторів з питань охорони праці в умовах війни (дистанційні формати, симуляції тривоги);
- посилення контролю за використанням ЗІЗ та колективних засобів захисту (укриття, вентиляція при задимленні);

– впровадження цифрових інструментів (мобільні додатки для оповіщення, онлайн-моніторинг ризиків);

– соціальному діалозі з профспілками навіть у воєнний час для узгодження змін режимів роботи.

Ці заходи дозволяють мінімізувати нещасні випадки, пов'язані з воєнними факторами, та забезпечити стійкість ОКІ.

Таким чином, СУОП на ОКІ в умовах воєнного стану має бути гнучкою, інтегрованою з системою цивільного захисту та спрямована на збереження життя/здоров'я працівників як запоруки стійкості критичної інфраструктури. Необхідні подальші дослідження та оновлення нормативів для врахування досвіду 2022-2026 рр.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16 листоп. 2021 р. № 1882-IX. Відомості Верховної Ради України. 2022. № 7. Ст. 45. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20> (дата звернення: 25.02.2026).

2. Про охорону праці : Закон України від 14 жовт. 1992 р. № 2694-XII (в ред. від 2025 р.). Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668.

3. Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану : Закон України від 15 берез. 2022 р. № 2136-IX. Відомості Верховної Ради України. 2022. № 25. Ст. 94.

4. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення діяльності об'єктів критичної інфраструктури під час дії воєнного стану : Закон України від 22 трав. 2024 р. № 3723-IX. Офіційний вісник України. 2024. № 48. Ст. 312.

5. Про затвердження Порядку створення та використання найпростіших укриттів : постанова Кабінету Міністрів України від 10 берез. 2022 р. № 733 (в ред. 2025 р.). Офіційний вісник України. 2022. № 28. Ст. 156.

6. Про одноразову грошову допомогу за шкоду життю та здоров'ю, завдану працівникам об'єктів критичної інфраструктури... внаслідок військової агресії Російської Федерації проти України : Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 25.02.2026).

7. Охорона праці в умовах воєнного стану : метод. матеріал / В. Поліщук, Д. Навроцький, Н. Кайда та ін.; НААУ. Київ, 2026. 48 с. URL: https://unba.org.ua/assets/uploads/publications/Ohorona_praci_war.pdf (дата звернення: 25.02.2026).

РОЛЬ ІНСТРУКТАЖІВ ТА НАВЧАННЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ У ФОРМУВАННІ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Віштак І. В., к.т.н., доцент

Іскра М. А.

Вінницький національний технічний університет

В сучасних умовах розвитку промисловості та зростання технічної складності виробничих процесів питання забезпечення безпечних умов праці набуває особливої актуальності. Виробнича діяльність у багатьох галузях пов'язана з дією небезпечних і шкідливих факторів, які можуть призводити до травматизму, професійних захворювань та аварій. Тому одним із ключових напрямів системи управління охороною праці є організація ефективного навчання працівників і проведення інструктажів з питань безпеки праці.

Навчання та інструктажі з охорони праці спрямовані на формування у працівників необхідних знань, умінь і навичок безпечного виконання робіт, а також на розвиток відповідального ставлення до власної безпеки та безпеки колег. У процесі такого навчання працівники отримують інформацію про потенційні ризики на робочому місці, правила використання обладнання, засобів індивідуального захисту та порядок дій у надзвичайних ситуаціях. Це дозволяє своєчасно ідентифікувати небезпечні ситуації та запобігати виробничим інцидентам.

В роботі [1] досліджено сферу безпеки праці та підкреслено, що ефективна система навчання з охорони праці є важливим елементом профілактики виробничого травматизму та підвищення культури безпеки на підприємствах. Регулярне проведення інструктажів і перевірка знань працівників сприяють формуванню ризик-орієнтованого мислення та забезпечують безперервне вдосконалення системи управління охороною праці.

Крім того, особливого значення набуває впровадження інноваційних підходів до навчання з охорони праці, зокрема використання цифрових технологій, дистанційних курсів та інтерактивних методів підготовки персоналу. Такі підходи підвищують ефективність засвоєння матеріалу та дозволяють моделювати небезпечні виробничі ситуації без ризику для працівників [2].

Отже, систематичне проведення інструктажів і навчання з охорони праці є важливим інструментом забезпечення безпечних умов праці, підвищення рівня професійної підготовки працівників і зниження ризику виникнення нещасних випадків на виробництві. У зв'язку з цим актуальним є дослідження ролі інструктажів та навчання з охорони праці у формуванні безпечного виробничого середовища, що і визначає мету даної роботи.

Інструктажі та навчання з охорони праці є одним із ключових інструментів формування безпечних умов праці та профілактики виробничого травматизму. Систематичне проведення первинних, повторних та позапланових інструктажів забезпечує формування у працівників необхідних знань і навичок щодо ідентифікації небезпечних виробничих факторів та дотримання правил безпеки.

Якісно організоване навчання з охорони праці сприяє підвищенню рівня обізнаності працівників щодо ризиків на робочому місці, формуванню культури безпеки та зменшенню кількості виробничих травм і аварій. Систематичне навчання є ключовим інструментом профілактики нещасних випадків, оскільки воно спрямоване на формування безпечної поведінки працівників та зниження впливу людського фактора у виробничих процесах [3].

Ефективність навчання значною мірою залежить від використання сучасних методів підготовки, зокрема інтерактивних занять, моделювання небезпечних ситуацій,

використання цифрових технологій та електронних навчальних курсів. Поєднання традиційних і інноваційних форм навчання дозволяє підвищити рівень засвоєння знань і сформувати у працівників практичні навички безпечної поведінки у виробничому середовищі [4].

Особливої актуальності набуває використання технологій віртуальної та доповненої реальності, які забезпечують можливість відпрацювання дій у небезпечних умовах без ризику для життя і здоров'я працівників. Дослідження показують, що такі технології підвищують рівень залученості працівників, покращують запам'ятовування інформації та сприяють формуванню стійких навичок безпечної діяльності [5]. Крім того, використання VR-тренінгів дозволяє підвищити рівень усвідомлення ризиків і знизити ймовірність помилок у виробничих ситуаціях [6].

Водночас ефективність навчання залежить не лише від технологій, але й від системності його організації, регулярності проведення інструктажів, адаптації програм до специфіки виробництва та рівня підготовки персоналу. Комплексний підхід до навчання з охорони праці, що поєднує традиційні інструктажі, цифрові інструменти та практико-орієнтовані методи, є основою формування безпечного виробничого середовища та зниження рівня професійних ризиків [5, 6].

Отже, ефективна система навчання та інструктажів з охорони праці є важливим елементом системи управління безпекою на підприємстві. Її вдосконалення сприяє підвищенню рівня професійної підготовки працівників, формуванню культури безпеки та зниженню ризику виникнення нещасних випадків на виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чеберячко С. І., Дерюгін О. В., Гільперт В. В. Удосконалення системи управління охороною праці на підприємствах лісового господарства. Збірник наукових праць Національного гірничого університету. 2019. № 59. С. 144–155. DOI: 10.33271/crpnmu/59.144
2. Кружилко О. Є., Ткалич І. М., Полукаров О. І. Дистанційне навчання у сфері охорони праці. Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (2–3 червня 2020 р., м. Київ). Київ : Основа, 2020. С. 265–271.
3. Gao, Y., Gonzalez, V., Yiu, K. T. W. (2018). The effectiveness of traditional tools and computer-aided technologies for health and safety training in the construction sector: a systematic review. DOI: 10.48550/arXiv.1808.02021.
4. Qawqzeh, Y., Shraah, A. A., Rizwan, A. et al. (2025). Exploring the effectiveness of virtual reality-based training for sustainable health and occupational safety in Industry 4.0. *Scientific Reports*. 15. DOI: 10.1038/s41598-025-14173-y
5. Yoo, J. W., Park, J. S., Park, H. J. (2023). Understanding VR-based construction safety training effectiveness: the role of telepresence, risk perception, and training satisfaction. *Applied Sciences*. 13. 2. 1135. DOI: 10.3390/app13021135.
6. Scorgie, D., Feng, Z., Paes, D., Parisi, F., Yiu, T. W., Lovreglio, R. (2024). Virtual reality for safety training: a systematic literature review and meta-analysis. *Safety Science*. 171. 106372. DOI: 10.1016/j.ssci.2023.106372.

**ЛОГІКО-ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВИРОБНИЧИХ ЧИННИКІВ
НА ПРОФЕСІЙНИЙ РИЗИК ПРАЦІВНИКІВ АВТОТРАНСПОРТУ***Войналович О. В.¹, к.т.н., доцент,**Тимочко В. О.², к.т.н., доцент,**Вісин О. О.³, к.і.н., доцент**¹Національний університет біоресурсів і природокористування України,**²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Гжицького,**³Луцький національний технічний університет*

Для аналізу впливу несприятливих чинників у системі «водій-автомобіль-довкілля» («В-А-Д») ефективним є математичне моделювання небезпечних (аварійних) ситуацій, зокрема із залученням логічних операторів та апарату теорії ймовірностей [1, 2]. Однак достовірність моделювання нині обмежує недостатня обґрунтованість величин ймовірностей прояву причин ДТП, що є у розрахунках базовими подіями, та велика кількість впливів на професійний ризик окремих елементів системи «В-А-Д».

Нині для моделювання небезпечних виробничих ситуацій розроблено різні підходи, що дозволяють описати зв'язки у рамках запропонованих моделей. У багатьох роботах [3], присвячених проблемі оцінення професійних ризиків, не просто обговорюють визначення професійного ризику, а й пропонують методи врахування впливу численних обставин небезпечних ситуацій. Для багатьох методик характерним є наявність істотних недоліків щодо їх практичного застосування (через трудомісткість, некоректність задавання початкових даних у розрахунках, не враховують тривалість впливу небезпечних чинників та ін.).

Мета досліджень. Розробити методологію кількісного оцінення впливу несприятливих чинників системи «водій-автомобіль-довкілля» на ймовірність дорожньо-транспортних пригод за участі вантажного автотранспорту.

У цій роботі для розрахунку професійних ризиків водіїв вантажного автотранспорту запропоновано методіку, в якій передбачено можливість враховувати організаційні, технічні та психофізіологічні причини травматизму в автотранспортній галузі. Методика базується на аналізі дерева подій (*Event Tree Analysis*), як індуктивному графічному методі. Для розрахунку професійного ризику водіїв вантажного автотранспорту було використано адаптовану комп'ютерну програму *SAPHIRE*, що дозволяє розрахувати ймовірність настання травмонебезпечної ситуації з врахуванням множини ймовірностей базових подій.

Перевагою розробленого у цій роботі методу логічного моделювання процесів формування й можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій є те, що метод дозволяє виявити найбільш значущі (визначальні) події, з яких починається небезпечний процес, а отже й оцінити несприятливі наслідки цього процесу. У розроблених моделях настання ДТП ймовірності базових подій задавали згідно зі статистичними показниками причин виробничого травматизму в автотранспортній галузі.

У цій роботі зазначений перелік причин ДТП було співставлено з основними причинами виробничих нещасних випадків, зазначених у статистичній інформації на сайті <https://stat.gov.ua/uk/datasets/travmatyzm-na-vyrobnytstvi>, де остання статистика виробничого травматизму (кількість потерпілих) стосувалася 2022 р. Потрібно вказати, що структура причин виробничого травматизму в річній статистиці з виробничого травматизму за останні 5–6 років суттєво змінилася внаслідок пандемії та військових дій на території України. Нині у цій статистиці 37 % причин виробничих нещасних випадків припадає на техногенні, природні, екологічні та соціальні причини, де основна частина –

це наслідки воєнних дій. Внаслідок цього значно зменшилася частка організаційних (до 45,5 %) та технічних причин (до 4,45 %) травматизму на виробництві. Тому доцільніше аналізувати статистику виробничого травматизму до 2022 року.

Як ілюстрація зазначеного підходу в цій роботі представлено розрахунок ризику перекидання вантажного автомобіля внаслідок занесення під час руху на повороті за несприятливих погодних умов. У роботі було розраховано ризик настання небезпечної ситуації (перекидання вантажного автомобіля) для двох дискретних випадків, що характеризують вплив небезпечного виробничого чинника: його практично відсутність дії (ймовірність впливу 0,01) та його визначальна дія (ймовірність впливу 0,5).

Важливими, показовими і необхідними для подальшого аналізу є не абсолютні величини розрахованого ризику, які залежать від структури запропонованої моделі настання аварійної ситуації, а зміни показників ризику, що характеризують вплив певного виробничого чинника. До розгляду необхідно брати задану на основі статистики значущість чинника з врахуванням зміни ризику в межах замкненої системи базових подій.

Зазначені результати проведених досліджень дозволяють зосередити увагу на найбільш ризиконебезпечних первинних (базових) подіях для розроблення ефективних профілактичних заходів щодо запобігання нещасним випадкам на автомобільному транспорті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малько О. Д., Артем'єв С. Р., Цимбал Б. М., Рибалова О. В. Дворівнева математична модель прогнозування ризику аварій на потенційно-небезпечному об'єкті. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2019. 1(59). С. 98–103. DOI: 10.30748/zhups.2019.59.14.
2. Кружилко О. Є., Полукаров О. І. Математичне моделювання виробничих ризиків, що виникають внаслідок технічних причин: матеріали двадцять другої всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки». 2020. С. 212–216. URL: <https://confopcbproc.iee.kpi.ua/article/view/212178>
3. Цопа В., Чеберячко С., Яворська О. та ін. Особливості оцінки професійних ризиків при вантажних автомобільних перевезеннях. Екологічна безпека та природокористування. 2023. Вип. 46, № 2. С. 85–99. URL: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.2.85-99>

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕК І ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ НА МЕХАНІЗОВАНИХ ПРОЦЕСАХ У ТВАРИННИЦТВІ

*Войналович О. В.¹, к.т.н., доцент,
Хмельовський В. С.¹, д.т.н., професор,
Мотрич М. М.¹, к.т.н., доцент,
Тимочко В. О.², к.т.н., доцент*

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С.З. Гжицького

Більшість механізованих робіт у тваринницькій галузі сільського господарства згідно із класифікацією не належать до робіт підвищеної небезпеки, однак для механізаторів тваринництва досить високим є ризик зазнати механічних та електричних травм, термічних опіків [1, 2].

Для окреслення виробничих чинників, що можуть впливати на професійний ризик на механізованих роботах у тваринництві, у цій роботі проаналізовано причини виробничого травматизму і професійної захворюваності у тваринництві, виокремивши їх на традиційні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психофізіологічні.

Розглянувши виробничі чинники у їх сукупності, можна говорити про багатофакторність процесу перебігу травмонебезпечної ситуації у тваринництві, яка характеризується участю різних чинників на різних стадіях цього процесу і які у своїй основі мають технічне та людське походження, а інколи – й вплив виробничого (природного) довкілля.

Комплексний підхід щодо вибирання та використання методів оцінення ризиків подано у ДСТУ EN ІЕС 31010:2022 «Керування ризиками - методи оцінки ризиків», в якому представлено порівняльний аналіз методик оцінення ризиків. Цей стандарт є базовим, щоб вибрати відповідний метод оцінювання ризику, і не обмежується лише галуззю техногенно-екологічної безпеки чи безпеки праці, а є загальним у галузі управління ризиками.

Мета досліджень. Дослідити, оцінити та систематизувати небезпеки і професійні ризики на механізованих процесах у тваринництві.

Для аналізу виробничих небезпек і професійних ризиків використано методи систематизації та структуризації, що дозволяє виокремити окремі найбільш значущі професійні ризики, розпізнавати наявність типових та інших небезпечних та шкідливих чинників та визначати їх характеристики.

У цій роботі досліджували небезпеки і професійні ризики для таких механізованих процесів у тваринництві: а) очищення автонапувалок у приміщенні молочно-товарної ферми; б) прибирання гною у тваринницькій фермі скребковим транспортером; в) механізоване доїння корів; г) роздавання кормів. Дослідження проводили на фермах тваринницького комплексу ВП «Агрономічна дослідна станція» НУБіП України.

Було систематизовано і експертно оцінено потенційні (наявні) небезпеки на робочих місцях для таких об'єктів (з підкатегоріями): а) небезпеки під час виконання механізованих робіт; б) небезпека задіюваних машин (обладнання); в) дотримання порядку (чистоти) на робочому місці; г) несприятливі чинники виробничого довкілля; ґ) дотримання вимог ергономіки; д) стан проходів та проїзлів; е) наявність засобів порятунку за аварійних (небезпечних) ситуацій.

Для виявлення і документального оформлення виявлених небезпек експертам (кваліфікованим фахівцям з механізації тваринництва) та працівникам ферм (інженерно-технічному персоналу та механізаторам) було запропоновано заповнити анкети із вище

зазначеними блоками. Було статистично узагальнено оцінити 5 задіяних експертів та 5 працівників тваринницької ферми. Потрібно врахувати, що кількість і зміст підкатегорій не є усталеними, їх можна змінювати для окремих об'єктів спостереження в анкетах для визначення (ідентифікації) небезпек.

Також враховано, що особливістю виконання працівниками зазначених механізованих робіт є змінення розташування місць роботи у приміщенні ферми. Під час оцінювання небезпек результати було узагальнено для інших механізованих робочих місць у тваринницькій фермі.

У цій роботі для дослідження професійних ризиків та розроблення заходів безпеки на механізованих процесах у тваринництві використано метод експертних оцінок, який дозволяє визначити ймовірності настання небезпечних подій з врахуванням оцінок експертів у галузі [3]. Величину професійних ризиків R у балах визначали за формулою:

$$R = P \cdot D \cdot V. \quad (1)$$

де P – ймовірність виникнення небажаної події (травми, отруєння чи професійної хвороби); D – наслідок небажаної події; V – оцінка експертів щодо рівня впливу ймовірності небажаних подій та їх наслідків на професійний ризик. Запропоновану 5-ти бальну градацію співмножників формули (1).

Результати визначення ймовірностей виникнення небезпечної події, її наслідки з відповідними характеристиками, розраховані значення рівнів професійного ризику, а також запропоновані заходи безпеки було представлено у відповідних таблицях для зазначених механізованих процесів у тваринництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Москалюк І., Сакун М., Безалтична О. та ін. Охорона праці, професійні захворювання та травматизм у сільському господарстві. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*. 2022. 102-103. 33–39. DOI: 10.37000/abbsl.2022.102.07.
2. Цимбал Б. М., Перегуда О. В. Аналіз та оцінка професійних ризиків у тваринницькій галузі : збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «OSHAgro – 2021». 30 вересня 2021 року. Київ, 2021. С. 38–40.
3. Кружилко О. Є., Володченкова Н. В., Токар О. О., Майстренко В. В. Удосконалення оцінки професійного ризику на основі експертних методів. Проблеми охорони праці в Україні. 2021. № 37(2). С. 3–8. DOI: 10.36804/nndipbor.37-2.2021.3–8.

РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ПРИМІЩЕННЯХ З СИСТЕМОЮ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Гембара Т. В., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Концентрація вуглекислого газу (CO₂) у закритих приміщеннях є одним із основних інтегральних показників якості внутрішнього повітря. Перевищення допустимих значень концентрації CO₂ (близько 1000 ppm для тривалого перебування людей згідно з нормативними документами) призводить до погіршення самопочуття, зниження працездатності, появи головного болю та відчуття задухи, а значні перевищення можуть привести до патологічних захворювань, і навіть летальних наслідків [1]. Контроль концентрації особливо важливий в умовах воєнного стану, коли тривалість перебування населення в закритих захисних спорудах цивільного захисту передбачити неможливо. Тому на етапі проектування та експлуатації систем вентиляції важливо мати надійні методики для прогнозування динаміки концентрації CO₂. Впливати на таку динаміку можна лише вибором режимів роботи припливно-витяжної вентиляції, або інтенсивності джерел виділення вуглекислого газу.

Для математичного моделювання вмісту вуглекислого газу у приміщенні з припливно-витяжною вентиляційною системою використали метод усереднених параметрів мікроклімату у будь-якій точці приміщення [1]. Приймаючи, що $C=C(t)$ – концентрація CO₂ в 1 м³ повітря в приміщенні в момент часу t , отримаємо рівняння балансу, яке включає приплив CO₂ та його втрати за рахунок роботи вентиляційної системи за проміжок часу dt . Отже математична модель базується на диференціальному співвідношенні [2, 3], яке описує відносний приріст CO₂ протягом часу dt :

$$dC = \frac{n_0 V_1 + V_p C_2 - V_p C}{V} dt, \quad (1)$$

де n_0 – кількість людей, V_1 – об'єм CO₂, який видихає людина на м³, C_2 – концентрація CO₂ на м³ у повітрі, що надходить зовні, V_p – потужність вентиляційної системи, V – об'єм приміщення. В результаті теоретичних досліджень [2, 3] отримано ряд диференціальних рівнянь для стаціонарних та нестаціонарних випадків перебування людей в приміщеннях. У нестаціонарних випадках розглянуто періодичні та стохастичні (які враховують випадковий характер) функції, які вводяться замість параметра n_0 . Отримані на основі моделі дані розрахунків графічно показують динаміку зміни концентрації, що дозволяє визначати час досягнення допустимих значень.

Для отримання експериментальних даних значень концентрації CO₂ та верифікації даних розрахунків використаний багатофункціональний прилад Xintest HT-2000, який поєднує функції детектора CO₂, термогігрометра та вбудованого логера (реєстратора даних). Прилад призначений для моніторингу параметрів мікроклімату в приміщеннях, його технічні характеристики: діапазон вимірювання концентрації CO₂ 0–9999 ppm, тип сенсора високоточний NDIR (вимірювання ґрунтується на вибіркового поглинанні інфрачервоного випромінювання молекулами CO₂ у вузькій спектральній області), інерційність до 10 с, діапазон вимірювання температури від –10 до +70 °C ±0,6 °C, діапазон вимірювання відносної вологості: 0,1–99,9 % ±3 %, об'єм пам'яті логера: 12700. Через USB кабель дані вимірювань передавались на ПК, і за

допомогою спеціального програмного забезпечення NT Communication інформація представлялась файлами числових даних вимірювань та графічно (рис. 1).

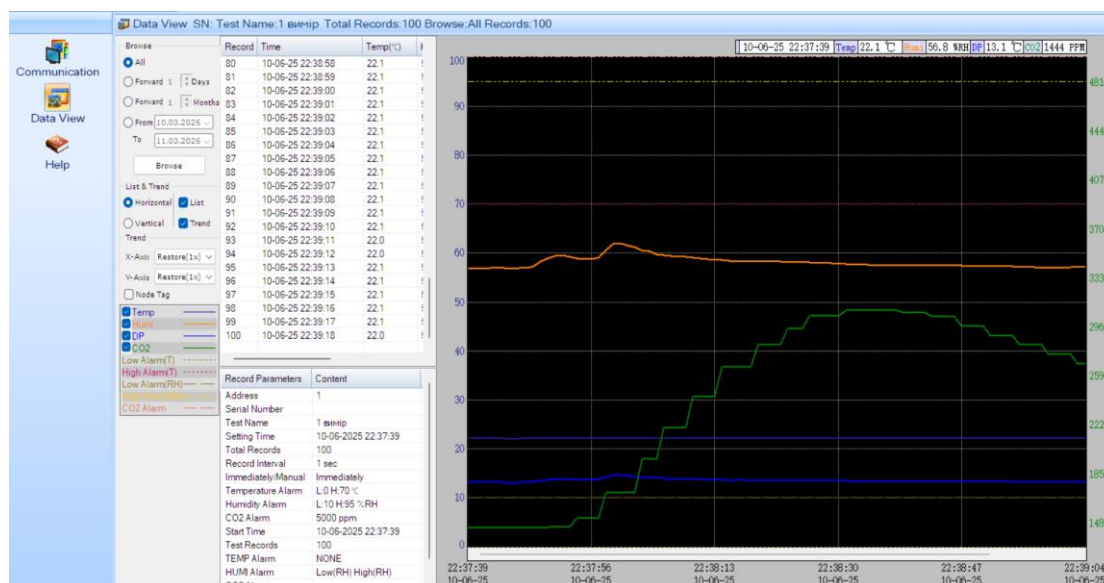


Рисунок 1 – Вікно програми: графіки вологості (оранжевий), концентрації CO₂ (зелений), температури (синій); пряма синя лінія – точка роси

Випробування проведено в навчальних аудиторіях та захисній споруді цивільного захисту, в стаціонарному режимі. В окремих аудиторіях працювала примусова вентиляція (рекуператори), а випробування проведено і в нестаціонарному режимі, але тільки періодичного типу. Порівняння теоретичних результатів розрахунків (для складних диференціальних рівнянь в програмі Scilab) з експериментальними показало відхилення не більше 15 % для стаціонарних режимів і 20 % для нестаціонарних режимів. Результати дослідження можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо проектування та оптимізації систем вентиляції в офісних, навчальних та громадських будівлях, а також для подальших досліджень, пов'язаних із урахуванням додаткових факторів (температура, вологість тощо).

ЛІТЕРАТУРА

1. Persily, A. K., De Jonge, L. (2017). Carbon dioxide generation rates for building occupants. *Indoor Air*. 27. 5. 868–879.
2. Гембара Т. В., Марич В. М. Диференціальне рівняння управління припливно-витяжною системою вентиляції за вмістом CO₂ у приміщенні. *Охорона праці: освіта і практика* : зб. наук. пр. IV Всеукр. наук.-практ. конф. викладачів та фахівців-практиків, Львів, трав. 2024 р. Львів : ЛДУ БЖД, 2024. С. 34–35.
3. Гембара Т. В., Марич В. М., Трусевич О. М. Математичне моделювання роботи системи припливно-витяжної вентиляції в стаціонарному та нестаціонарному режимах. *Охорона праці: освіта і практика* : зб. наук. пр. V Всеукр. наук.-практ. конф. викладачів та фахівців-практиків, Львів, трав. 2025 р. Львів : ЛДУ БЖД, 2025. С. 79–81.

УПРАВЛІННЯ ПСИХОСОЦІАЛЬНИМИ РИЗИКАМИ РЯТУВАЛЬНИКІВ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ВОЄННОГО ТА ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

*Голобородько Є. М.,
Цимбал Б. М., д.держ.упр., доцент
Національний університет цивільного захисту*

У сучасних умовах збройної агресії та зростання кількості техногенних аварій діяльність рятувальників супроводжується значним рівнем психосоціальних ризиків. До них належать хронічний стрес, емоційне вигорання, посттравматичні стресові розлади, моральна травма, а також порушення міжособистісних комунікацій у підрозділах [1]. Вплив зазначених чинників безпосередньо відображається на ефективності професійної діяльності, рівні безпеки виконання аварійно-рятувальних робіт та стані здоров'я персоналу.

Психосоціальні ризики в умовах надзвичайних ситуацій воєнного та техногенного характеру мають комплексну природу та формуються під впливом інтенсивності бойових дій, масштабів руйнувань, тривалості чергувань, дефіциту ресурсів, а також високої відповідальності за життя постраждалих та колег [2]. Неефективне управління такими ризиками призводить до зростання кількості професійних помилок, травматизму та зниження мотивації особового складу (табл. 1).

Таблиця 1 – Основні психосоціальні ризики у діяльності рятувальників

Група ризиків	Прояви	Можливі наслідки
Емоційні	Хронічний стрес, тривожність	Вигорання, депресивні стани
Соціальні	Конфлікти в колективі	Погіршення взаємодії
Організаційні	Надмірне навантаження	Професійні помилки

Ефективне управління психосоціальними ризиками передбачає впровадження системного підходу, що поєднує профілактичні, організаційні та реабілітаційні заходи. До ключових інструментів належать психологічна підготовка до дій у надзвичайних умовах, регулярний психоемоційний моніторинг, ротація персоналу, розвиток культури взаємної підтримки та доступ до професійної психологічної допомоги [3].

Особливе значення має роль керівників підрозділів, які повинні володіти навичками раннього виявлення психосоціальних проблем та створювати безпечне психологічне середовище. Інтеграція управління психосоціальними ризиками в загальну систему управління охороною праці сприяє підвищенню стійкості рятувальників до екстремальних впливів та забезпечує сталу ефективність функціонування служби цивільного захисту в умовах сучасних загроз.

Важливим напрямом удосконалення системи управління є впровадження ризик-орієнтованого підходу, що передбачає ідентифікацію, оцінювання та ранжування психосоціальних чинників з урахуванням специфіки оперативно-службової діяльності. Доцільним є застосування методів анкетування, психологічного тестування, індивідуальних співбесід та групових дебрифінгів після виконання складних завдань. Систематичний аналіз отриманих даних дозволяє своєчасно коригувати організаційні рішення, оптимізувати графіки чергувань та мінімізувати негативні наслідки професійного стресу [4].

Окремої уваги потребує формування психологічної резильєнтності особового складу. Розвиток навичок емоційної саморегуляції, стрес-менеджменту, командної взаємодії та кризової комунікації сприяє підвищенню адаптаційного потенціалу

рятувальників. У контексті воєнних загроз актуальним є впровадження програм посттравматичної підтримки та довгострокового супроводу працівників, які брали участь у ліквідації наслідків бойових дій чи масштабних техногенних катастроф [5].

У сучасній практиці державного управління важливо застосовувати принципи превентивності, який полягає у випереджальному виявленні факторів ризику та мінімізації їх впливу ще до виникнення критичних станів. Ефективним інструментом є впровадження регулярних оцінок психосоціального клімату підрозділів із використанням стандартизованих методик. Не менш важливим є формування культури відкритості щодо психологічних труднощів. Подолання стигматизації звернення по психологічну допомогу сприяє ранньому виявленню симптомів професійного вигорання та посттравматичних розладів. Керівний склад має демонструвати приклад відповідального ставлення до психічного здоров'я, що підвищує довіру до системи підтримки. В умовах воєнного часу також актуалізується проблема моральної травми, пов'язаної з необхідністю прийняття складних етичних рішень, втратами серед цивільного населення або колег. Подолання таких наслідків потребує довгострокових програм психологічної реабілітації та соціальної адаптації. Оцінювання ефективності системи управління психосоціальними ризиками доцільно здійснювати за такими показниками: рівень захворюваності персоналу, кількість випадків професійного вигорання, показники плинності кадрів, рівень дисциплінарних порушень та загальна результативність виконання службових завдань. Комплексний аналіз цих індикаторів дозволяє своєчасно коригувати управлінські стратегії.

Отже, управління психосоціальними ризиками рятувальників у надзвичайних ситуаціях воєнного та техногенного характеру має розглядатися як невід'ємний елемент державної політики у сфері цивільного захисту. Системна інтеграція психологічної безпеки в структуру професійної діяльності підвищує рівень організаційної стійкості, сприяє збереженню кадрового потенціалу та забезпечує ефективність реагування на сучасні виклики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Приходько І. І. Засади психологічної безпеки персоналу екстремальних видів діяльності [Текст] : монографія / І. І. Приходько; 2-ге вид. Х. : НА НГУ, 2016. 758 с.
2. Католик Г. Психологічна безпека персоналу як фактор ефективного управління в організаціях. Економіка та суспільство. 2024. 68. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-12>
3. Карамушка Л. М., Гнускіна Г. В. Психологія професійного вигорання підприємців : монографія. Київ: Логос, 2018. 198 с.
4. Цимбал Б. М., Петрищев А. С., Древаль Ю. Д., Малько О. Д., Шароватова О. П., Веретеннікова Ю. А. Підвищення рівня безпеки праці під час бойових дій. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків : НУЦЗ України, 2022. № 2(36). С. 325–345.
5. Овчаренко О. Ю. Психологія стресу та стресових розладів: навч. посіб. К. : Університет «Україна», 2023. 266 с.

ОЦІНЮВАННЯ РУЙНУВАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ*Горишев Д. М.**Національний університет цивільного захисту України*

Сучасний стан водних ресурсів Лівобережної України формується під впливом поєднання довготривалого антропогенного навантаження та нових воєнно зумовлених загроз. Порушення гідрологічного режиму, надходження комунально-побутових та сільськогосподарських забруднень, руйнування прибережних смуг, а також наслідки бойових дій знижують екологічну стійкість водних екосистем, ускладнюють використання води для господарсько-питних потреб та потребують удосконалення підходів до моніторингу та оцінювання небезпек.

У звіті Державного агентства водних ресурсів України [1] наведено узагальнену характеристику використання водних ресурсів, що створює базу для оцінювання змін у водокористуванні та водогосподарському навантаженні. У праці [2] розкрито закономірності антропогенного впливу на річкові екосистеми Лівобережної України, що дає змогу розглядати руйнування водних об'єктів як результат тривалого поєданого впливу урбанізації, сільськогосподарського освоєння водозборів і трансформації природних руслових процесів. У роботі [3] запропоновано використання інформаційної QR-технології для моніторингу стану поверхневих вод на територіях, що постраждали внаслідок бойових дій, що розширює можливості оперативного збору та верифікації даних. Дослідження [4] акцентує увагу на стійкості водопостачання як складовій безпеки територій, а праці [5–8] присвячені чинникам відбору проб підземних вод, умовам існування математичних моделей аналізу небезпечного впливу ракетно-артилерійських уражень, визначенню джерел забруднення та оцінюванню безпеки ґрунтових вод на відновлювальних територіях. У роботі [9] розглянуто моделювання пошуку джерел забруднення водних об'єктів в умовах сучасних військових загроз.

Руйнування водних ресурсів Лівобережної України має багатофакторний характер. До традиційних чинників належать скиди недостатньо очищених стічних вод, дифузне надходження біогенних речовин і пестицидів із сільськогосподарських угідь, замулення русел, порушення природного водообміну та скорочення прибережно-захисних смуг [1, 2]. Такі процеси призводять до погіршення гідрохімічних показників, зниження здатності водних екосистем до самоочищення, втрати біотичного різноманіття та поступового зниження екологічного потенціалу річок.

В умовах воєнних дій ця проблема набула нових масштабів. Руйнування промислових та комунальних об'єктів, пошкодження інженерної інфраструктури, потрапляння у довкілля паливно-мастильних матеріалів, продуктів горіння, залишків вибухових речовин і металевих уламків формують додаткові шляхи забруднення поверхневих та підземних вод [3, 6–9]. Небезпеку становить міграція забруднювачів через ґрунтовий масив у горизонти підземних вод [5–8].

За таких умов доцільним є формування системи моніторингу, що охоплює: визначення потенційних джерел забруднення; відбір проб у контрольних точках з урахуванням гідрологічних і техногенних особливостей території; використання цифрових та QR-інструментів для оперативної фіксації даних; математичне моделювання поширення забруднювачів і пошуку найбільш імовірних осередків їх надходження. Такий підхід дає змогу не лише фіксувати факт погіршення стану водного середовища, а й прогнозувати подальший розвиток небезпечних процесів.

Таким чином, руйнування водних ресурсів Лівобережної України в сучасних умовах є наслідком накладання двох груп чинників: довготривалого антропогенного навантаження та воєнно зумовлених пошкоджень довкілля. Для ефективного реагування

необхідний перехід від фрагментарних спостережень до інтегрованої системи оцінювання, яка забезпечуватиме своєчасне виявлення небезпечних змін, локалізацію джерел забруднення та наукове обґрунтування відновлювальних заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державне агентство водних ресурсів України. Щорічний звіт про стан використання водних ресурсів. Київ, 2022.
2. Оліфер О. О. Антропогенне навантаження на річкові екосистеми Лівобережної України. Полтава, 2018. 224 с.
3. Вовчук Т., Лобойченко В., Рашкевич Н., Шевченко О., Шевченко Р. Формування інформаційної QR-технології моніторингу стану поверхневих вод на територіях, які постраждали внаслідок бойових дій. *Scientific foundations in research in Engineering: collective monograph*. Boston: Primedia eLaunch, 2022. С. 357–368. DOI: 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.2.
4. Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І. Стійкість водопостачання як пріоритетний напрям забезпечення безпеки. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, секція 2: Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни. Київ, 25 травня 2023 р. Київ, 2023. С. 522–523.
5. Грицина І. Д., Рашкевич Н. В. Фактори впливу на відбір проб підземних вод. Безпека людини у сучасних умовах: матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS). Харків : НТУ «ХПІ», 2023. С. 133–134.
6. Рашкевич Н. В., Бондаренко А. Ю. Розгляд умов існування математичної моделі аналізу небезпечного впливу ракетно-артилерійських уражень на стан ґрунтових вод. Матеріали XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави». С. 33–35.
7. Рашкевич Н. В. Визначення основних джерел забруднення ґрунтів та водних ресурсів під час військових конфліктів : мат. Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Черкаси: НУЦЗ України, 2025. С. 119–120.
8. Рашкевич Н. В. Визначення небезпеки ґрунтових вод на відновлювальних територіях : мат. Всеукр. наук.-практ. інтер.-конф. «Екологічні виклики та інновації. Захист довкілля у сучасному світі». Черкаси: НУЦЗ України, 2025. С. 67–69.
9. Рашкевич Н. В., Шевченко О. С., Красно В. А. Моделювання процесу пошуку джерел забруднення водних об'єктів в умовах сучасних військових загроз : V International scientific conference «Maritime security of the Baltic-Black Sea region: challenges and threats». Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2025. С. 42–45.

ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР У ПОРУШЕННЯХ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ БОЙОВИХ ДІЙ

Єгорченкова Т. Д.,

Цимбал Б. М., д.держ.упр., доцент

Національний університет цивільного захисту України

В умовах воєнного стану формуються нетипові для мирного часу виробничі ризики, серед яких доцільно відмітити руйнування інфраструктури, нестабільність інженерних конструкцій, наявність вибухонебезпечних предметів, повторну загрозу обстрілів, а також дефіцит матеріально-технічних ресурсів, у зв'язку з чим ліквідація наслідків бойових дій як специфічний різновид професійної діяльності здійснюється в умовах підвищеної небезпеки та динамічної зміни оперативної обстановки. За таких обставин дотримання вимог охорони праці набуває не лише нормативного, а критично безпекового значення, оскільки будь-яке відхилення від установлених регламентів здатне спричинити тяжкі наслідки.

Зазначимо, що бойові дії у цьому контексті виступають зовнішнім дестабілізуючим чинником, який трансформує звичну модель професійних ризиків і водночас посилює психоемоційне навантаження на персонал, що, як підкреслюється у праці [1], ускладнює функціонування системи управління охороною праці та зумовлює необхідність її постійної адаптації до нових небезпек.

У цьому аспекті поряд із технічними та організаційними складовими безпеки особливої ваги набувають психофізіологічні характеристики працівників, що актуалізує вивчення людського фактору.

В науковій літературі «людський фактор» трактується в якості дії чи бездіяльності, що призвела до виникнення професійної небезпеки або сприяла її виникненню [2].

О. Нетребський під терміном «людський фактор» розуміє свідомі чи випадкові помилки, дії людини, які викликані особливостями її біологічної природи та умовами взаємодії з оточуючим середовищем [3].

У системі «людина-техніка-середовище» саме людський компонент часто відіграє домінуючу роль у виникненні небезпечних ситуацій [4], особливо під час ліквідації наслідків обстрілів та масштабних руйнувань, коли сенсорне перевантаження, інформаційна невизначеність, дефіцит часу для прийняття рішень та висока відповідальність за життя інших знижують якість регуляції діяльності та сприяють формальному або неповному дотриманню інструкцій безпеки.

Враховуючи особливості проведення АРР у зонах масових руйнувань, а саме тривалий цілодобовий позмінний режим, скорочений період відпочинку, відсутність належних умов для повноцінного відновлення та гігієнічного забезпечення, підвищені вимоги висуваються як до індивідуальних якостей рятувальника, так і до організаційних характеристик підрозділу. Йдеться про сформованість волі та рішучості, самодисципліни й відповідальності, професійну зрілість, здатність до швидкої адаптації, моральну стійкість та командну узгодженість, що розглядається як необхідна умова ефективності діяльності в екстремальних умовах [5, с. 277–278]. Отже, дотримання вимог охорони праці в умовах воєнного стану детермінується не лише наявністю регламентів, а й рівнем сформованості особистісних та групових ресурсів безпечної поведінки.

Поряд із цим обмеженість психофізіологічних можливостей людини в умовах підвищеного навантаження, хронічного стресу та невизначеності зумовлює зростання емоційної напруженості, яка проявляється у дезорганізації діяльності, зниженні концентрації уваги, уповільненні або імпульсивності рішень та підвищенні ймовірності помилкових дій [6, с. 24–25]. Невпевненість у результаті діяльності, сумніви щодо

досягнення мети, перевтома та зниження пильності виступають додатковими чинниками ризику, що свідчить про закономірний характер помилок як результат взаємодії індивідуальних та ситуаційних детермінант. У дослідженні українських дослідників наголошується на необхідності глибшого розуміння природи людського фактору, зокрема процесів сприйняття небезпеки, реагування на зовнішні впливи та адаптації до змін умов праці, водночас зазначається, що існуючі методи його оцінки переважно орієнтовані на психофізіологічні показники і не повною мірою охоплюють організаційно-поведінкові аспекти [4].

В наукових іноземних джерелах відмічається, що в умовах військових загроз поведінкові реакції персоналу у кризових ситуаціях істотно впливають на рівень ризику та ефективність безпекових заходів, що підтверджує необхідність інтеграції психологічного аналізу у систему управління охороною праці.

Таким чином, людський фактор доцільно розглядати як комплексне явище, що інтегрує індивідуально-психологічні, психофізіологічні та організаційно-поведінкові складові, які в поєднанні з екстремальними умовами діяльності, тривалим психоемоційним навантаженням, ресурсними обмеженнями та високою відповідальністю створюють передумови для порушення вимог охорони праці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бужанська М. В. Актуальні проблеми безпеки праці під час воєнного стану в Україні. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 4 (87).
2. Бочковський А. П. «Людський фактор» та ризик виникнення небезпек: випадковість чи закономірність : монографія. Одеса: Юридична література, 2015. 136 с.
3. Нетребський О. А., Бочковський А. П. Актуалізація людського фактору у сталому розвитку людства. Процеси, обладнання, автоматизація, у правління і економіка. 2012. № 4 (21). С. 100–103.
4. Бочковський А., Саможнікова Н., Ніколаєв Д., Савічевич О. «Людський фактор» в сфері охорони праці: причини виникнення та напрями мінімізації. Journal of Scientific Papers «Social Development and Security». 2020. Vol. 10. № 6. С. 127–142.
5. Охорона праці та цивільний захист: Курс лекцій для студентів зварювальних спеціалізацій: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій: «Технології та інжиніринг у зварюванні», «Автоматизовані технологічні системи у зварюванні», «Споріднені технології зварювання та ресурсозбереження» / О. Г. Левченко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 370 с.
6. Тактика ліквідування надзвичайних ситуацій: Курс лекцій / І. М. Неклонський. Х. : НУЦЗУ, 2017. 367 с.

ВПЛИВ БЛЕКАУТІВ НА МЕНТАЛЬНЕ ЗДОРОВ'Я ТА МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ

Іваненко В. С.

*Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення
Миколаївської міської ради*

російські збройні формування протягом тривалого часу здійснюють цілеспрямовані обстріли об'єктів української енергетичної інфраструктури, що зумовило масштабні блекаути на всій території України. За нинішніх умов повністю уникнути відключень електроенергії видається малоймовірним, що актуалізує необхідність належної підготовки до можливих кризових ситуацій. У цьому контексті необхідні дії, спрямовані на підтримання ментального здоров'я населення у випадках виникнення панічних реакцій; фізіологічні механізми, які підвищують психологічну стійкість під час дефіциту електроенергії.

Ймовірність виникнення афективних розладів у холодний та темний період року зростає навіть за відсутності перебоїв в енергопостачанні. Підвищену вразливість у цей час демонструють особи, які мають прояви сезонних афективних розладів або перебувають у стані депресії [1, с. 20].

Погіршення психоемоційного стану можна запобігти за допомогою кількох взаємодоповнювальних підходів. До них належать своєчасна консультація психіатра та дотримання призначеної фармакотерапії, використання світлової терапії, а також застосування когнітивно-поведінкової терапії з метою корекції ставлення до темрява та формування адаптивних стратегій реагування.

Біологічні ритми людини сформовані таким чином, що світла частина доби відповідає періоду активності, тоді як настання темряви активує механізми сповільнення та переходу до сну. Окрему роль відіграє спектр освітлення: блакитне, холодне світло природно відповідає ранковому часу, тоді як тепле жовте - вечору. Під час блекаутів тепле світло гірлянд чи портативних ліхтарів вважається значно сприятливішим для психоемоційного стану, ніж холодне блакитне, тому необхідно заздалегідь потурбуватися про використання жовтих світлодіодних джерел. Водночас вечірнє застосування екранів, особливо активне споживання контенту в соціальних мережах, може негативно позначитися на психічному самопочутті.

За умов браку світлових стимулів людський організм природно активує інші сенсорні системи: слухову, нюхову та тактильну. Коли зорове навантаження зменшується, мозок компенсує дефіцит інформації за рахунок посиленої обробки сигналів від інших органів чуття, а цілеспрямована стимуляція приємними запахами, звуками чи фактурами здатна знижувати рівень тривоги, спричиненої недостатнім освітленням.

Фахівці наголошують на важливості фокусування на власних тілесних та сенсорних відчуттях: на тому, які звуки сприймаються, які запахи домінують, що відчувається на дотик, чи є тепло чи прохолода, як резонує голос під час співу. Ключовим є спостереження за цими стимулами без оцінювання їх як позитивних чи негативних.

Темрява в такому контексті не постає як феномен із чітко визначеним емоційним забарвленням, вона лише створює умови, в яких людина сприймає різноманітні сигнали з оточення, наприклад, спостерігає світло свічки чи слухає потріскування її загасання. Ці відчуття є природними і не потребують додавання суб'єктивних суджень. Подібне занурення у стан «тут і зараз», що передбачає утримання уваги на поточних відчуттях без повернення до минулих переживань чи занепокоєнь щодо майбутнього, за даними медиків, сприяє зменшенню тривожності та загального дискомфорту.

У людському мозку обробка нюхових сигналів має особливу структуру: інформація про запахи надходить безпосередньо до нейронних центрів, відповідальних за формування емоцій та активацію пам'яті. Саме тому окремі аромати здатні миттєво викликати інтенсивні емоційні реакції або яскраві, детально відтворені спогади як позитивні, так і негативні. При цьому набір таких сенсорних «тригерів» є індивідуальним для кожної людини.

У ситуації, коли очікується перебування у темряві, доцільно свідомо активізувати приємні емоції чи асоціації за допомогою запахів [2, с. 410]. Це можуть бути не лише парфуми, ароматичні свічки чи дифузори: для деякого відчуття затишку та безпеки здатні пробуджувати, наприклад, знайомі домашні запахи на кшталт аромату деревини чи оладок.

Використання важкої ковдри, маса якої становить приблизно 10–20 % від ваги людини, розглядається як потенційний засіб для зниження рівня тривожності. Окремі дослідження свідчать про можливість позитивного впливу глибокого тискового стимулу на нервову систему. Такий варіант заспокоєння варто спробувати, як додатковий засіб для підвищення відчуття безпеки та зменшення напруження [2, с. 118].

Фахівці зазначають, що у деяких людей певні звукові стимули можуть викликати характерну сенсорну реакцію: поява «мурашок» на шкірі, хвиля тремтіння по тілу чи відчуття, ніби ворухнуться волосся. Подібні стани спостерігаються не лише під час прослуховування високоякісної музики, а й у відповідь на приглушений шепіт, шелест сторінок, тріск полум'я, ритмічне цокання спиць та інші м'які звуки. Якщо людина позитивно реагує на подібні звукові стимули, варто використати це під час перебування у темряві для відновлення психологічного комфорту та створення емоційного рівноваги.

Блекаути істотно впливають на ментальне здоров'я, посилюючи тривожність, емоційну напругу та ризики афективних розладів через дефіцит світла та порушення звичних режимів. Разом із тим організм здатний до адаптації завдяки використанню психотерапевтичних технік та формуванню індивідуальних стратегій психологічної стійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В. С. Стресостійкість, як вид психологічної особистості : тези доповідей за результатами тематичного «круглого столу» «Інформаційно-психологічна та техногенна безпека: історичні аспекти, особливості захисту суспільства та особистості». Миколаїв : МНАУ, 2022. С. 18–20.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/12066>

2. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист : навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв : МНАУ, 2025. 491 с.
URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>

**ДОСЛІДЖЕННЯ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ НА ДІЛЯНЦІ СМТ. ПЕЧЕНІГИ –
М. ХАРКІВ***Коваленко О. С.**Національний університет цивільного захисту України*

Річка Сіверський Донець є головною водною артерією Східної України та одним із джерел питного водопостачання. Стратегічне значення має ділянка від Печенізького водосховища до меж урбанізованої зони м. Харкова, оскільки саме тут формується якість води, що надходить до систем господарсько-питного водопостачання. Незважаючи на зарегульований характер стоку, на цій ділянці річка зазнає впливу агроландшафтів, рекреаційного навантаження, зливового стоку та локальних скидів, що створює передумови для погіршення її екологічного стану.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю оцінювання стану водного об'єкта, який одночасно виконує екологічну, господарську та безпекову функції. У сучасних умовах питання якості води тісно пов'язане не лише з природоохоронною проблематикою, а й зі стійкістю систем водопостачання, захистом здоров'я населення та попередженням надзвичайних ситуацій [1, 2]. Дослідження останніх років звертають увагу на потребі поєднання моніторингових спостережень, моделювання джерел забруднення та аналізу ризиків для населення [3–5]. Робота [6] присвячена методам попередження надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури та питанням ідентифікації змін у водному середовищі, а [7] особливостям відбору проб та встановлення чинників, що впливають на достовірність аналітичних результатів.

Метою роботи є дослідження гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного стану річки Сіверський Донець на ділянці смт Печеніги – м. Харків для виявлення просторових закономірностей зміни якості води та підготовки практичних рекомендацій щодо підвищення екологічної безпеки водокористування.

Об'єктом дослідження є річка Сіверський Донець на ділянці від греблі Печенізького водосховища до району входу річки в урбанізовану зону Харкова, поблизу с. Елітне та району Рогані. Загальна довжина досліджуваної ділянки становить близько 65 км. Для забезпечення репрезентативності спостережень передбачено встановлення п'яти контрольних створів: фоновий створ 500 м нижче греблі Печенізького гідровузла; створ у районі с. Кочеток поблизу водозабору ВУВГ «Донець»; створ у м. Чугуїв вище міста в зоні впливу агроландшафтів; створ у м. Чугуїв нижче скиду міських очисних споруд; створ у районі с. Елітне або Рогань на межі входу річки в урбанізовану зону Харкова.

Програма дослідження передбачає поєднання гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного блоків. Гідрологічні спостереження доцільно проводити тричі на рік у характерні фази водного режиму: під час весняного водопілля, літньої межени та осіннього паводка. На кожному створі визначаються швидкість течії та витрати води методом «вертушка-поплавок», виконуються промірювання глибин і побудова поперечних профілів русла для аналізу замулення, а в районі м. Чугуїв організовується контроль рівневого режиму за рейковим постом. Такий підхід дозволяє встановити зв'язок між гідродинамічними характеристиками потоку та умовами перенесення домішок у руслі.

Гідрохімічний блок включає щомісячний відбір проб води з визначенням комплексу показників, які характеризують як загальний стан водного середовища, так і специфічні ознаки техногенного навантаження. До переліку досліджуваних показників віднесено рН, вміст розчиненого кисню, мінералізацію, завислі речовини, концентрації нітратів, нітритів, амонійного азоту, фосфатів, а також показники органічного забруднення, зокрема БСК₅ і ХСК. Для виявлення потенційно небезпечних домішок додатково двічі на рік визначаються вміст важких металів, зокрема Fe, Mn, Cr, та

нафтопродуктів. Запропонований набір показників дозволяє оцінити як фонові зміни якості води, так і наслідки впливу комунальних, сільськогосподарських та урбанізованих територій. Водночас належна організація відбору проб безпосередньо впливає на якість екологічного моніторингу [7].

Гідробіологічний блок передбачає спостереження у травні, липні та вересні. Основну увагу приділено аналізу фітопланктону та макробезхребетних. Дослідження фітопланктону дає можливість оцінити ризик розвитку процесів «цвітіння» води, що є особливо важливим для ділянок, пов'язаних із питними водозаборами. Аналіз макробезхребетних із розрахунком індексу Вудівісса дозволяє визначити довгостроковий вплив забруднення на донні біоценози, які є чутливими індикаторами стану водного середовища.

Складовою роботи є виконання додаткових досліджень, спрямованих на встановлення причин погіршення якості води та оцінювання стійкості річкової системи до антропогенного впливу. До них віднесено інвентарну оцінку стану прибережних захисних смуг, аналіз впливу зливових стоків з території м. Чугуїв, а також дослідження самоочисної здатності річки на ділянці Кочеток – Харків. Саме самоочисна здатність водотоку визначає його спроможність компенсувати локальні надходження забруднювачів та підтримувати прийнятний рівень якості води за умов сталого навантаження. У сучасних дослідженнях обґрунтовується необхідність поєднання натурального моніторингу з методами математичного моделювання для виявлення джерел забруднення та оцінювання поширення домішок у водному середовищі [3, 8].

Тривалість досліджень має охоплювати повний гідрологічний цикл упродовж квітня 2026 – березня 2027 року. Такий часовий інтервал дозволить врахувати сезонну мінливість гідрологічних та гідрохімічних показників і забезпечити достатню повноту даних для просторово-часового аналізу стану річки. За результатами дослідження очікується встановлення закономірностей зміни якості води від умовно чистої ділянки нижче Печенізького водосховища до зони впливу урбанізованих територій, створення карти ризиків для районів питного водозабору Харкова, а також розроблення пропозицій щодо удосконалення природоохоронних заходів і модернізації очисних споруд у м. Чугуїв.

Таким чином, запропонована програма дослідження річки Сіверський Донець на ділянці смт Печеніги – м. Харків формує науково обґрунтовану основу для комплексного оцінювання екологічного стану водотоку, що має стратегічне значення для водопостачання Харківського регіону. Реалізація такого підходу сприятиме підвищенню достовірності моніторингових даних, своєчасному виявленню ризиків погіршення якості води та обґрунтуванню управлінських рішень у сфері екологічної безпеки та стійкого водокористування.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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. 2023. Том 7, № 2. С. 193–216. DOI: 10.31731/2524.2636.2023.7.2.193.216
2. Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І. Стійкість водопостачання як пріоритетний напрям забезпечення безпеки. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, секція 2: Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни. Київ, 25 травня 2023 р. Київ, 2023. С. 522–523.
3. Рашкевич Н. В., Краснов В. А., Рашкевич О. С. Теорія і практика розробки інтегрованої моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених

територіях. Техногенно-екологічна безпека. 2025. Т. 18, № 2. С. 23–33.
DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.3

4. Рашкевич Н. В., Шевченко О., Крадожон В., Гузь А. Дослідження факторів впливу забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я населення в зоні бойового ураження об'єктів укриття. *Social Development and Security*. 2026. Vol. 16, № 1. С. 201–216.
DOI: 10.33445/sds.2025.16.1.15

5. Рашкевич Н. В., Шевченко О. С., Краснов В. А. Моделювання процесу пошуку джерел забруднення водних об'єктів в умовах сучасних військових загроз : V International scientific conference «Maritime security of the Baltic-Black Sea region: challenges and threats». Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2025. С. 42–45.

6. Лобойченко В. М., Дівізінюк М. М., Шевченко Р. І., Федорчук-Мороз В. І., Рашкевич Н. В. Методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-біологічного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за використання ідентифікації водних розчинів : монографія. Луцьк : Вежа-Друк, 2025. 324 с.

7. Грицина І. Д., Рашкевич Н. В. Фактори впливу на відбір проб підземних вод. Безпека людини у сучасних умовах : матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція ЕАС). Харків: НТУ «ХПІ», 2023. С. 133–134.

8. Рашкевич Н. В., Бондаренко А. Ю. Розгляд умов існування математичної моделі аналізу небезпечного впливу ракетно-артилерійських уражень на стан ґрунтових вод : мат. XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави». С. 33–35.

ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ РАКЕТНО-АРТИЛЕРІЙСЬКИХ УРАЖЕНЬ

*Краснов В. А.,
Рашкевич Н. В., PhD*

Національний університет цивільного захисту України

Ракетно-артилерійські ураження територій можуть супроводжуватися значним техногенно-екологічним впливом на компоненти довкілля, зокрема ґрунтове середовище, ґрунтові та поверхневі води, а також потенційно радіаційно небезпечні об'єкти. У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення методів оцінювання стану уражених територій, які дозволяють визначати рівень забруднення та прогнозувати розвиток небезпечних процесів. Одним із напрямів таких досліджень є застосування математичного моделювання, геопросторового аналізу та показників стану природного середовища для аналізу та прогнозування техногенно-екологічних процесів на уражених територіях.

У роботі [1] розглянуто формування умов існування математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій на територіях, забруднених залишками ракетно-артилерійського ураження. Запропонований підхід передбачає визначення системи параметрів, що характеризують стан природного середовища, зокрема фізико-хімічні властивості ґрунтів, показники забруднення та фактори техногенного впливу. У дослідженні сформульовано умови функціонування математичної моделі, які враховують взаємозв'язки між параметрами довкілля та дозволяють визначати можливі сценарії розвитку небезпечних процесів. Це створює основу для використання математичних методів під час прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій на уражених територіях.

Дослідження, наведені у роботі [2], присвячені оцінюванню забруднення ґрунтів у районах ракетно-артилерійських уражень із використанням показників електропровідності. Автори обґрунтовують можливість застосування електропровідності ґрунтів як індикатора накопичення розчинних хімічних сполук, які утворюються внаслідок вибухових процесів та потрапляють у ґрунтове середовище. У роботі проведено аналіз змін електропровідності ґрунтів у зонах ураження та показано, що цей показник може використовуватися для оперативного визначення ступеня техногенного забруднення та просторової диференціації уражених ділянок.

У роботі [3] досліджено підходи до оцінювання радіаційного впливу під час аварії на сховищі відпрацьованого ядерного палива. У межах дослідження розглянуто можливі сценарії поширення радіоактивних речовин у разі пошкодження сховищ та проведено оцінювання рівня радіаційного навантаження на довкілля та населення. Запропонований підхід дозволяє визначати потенційні масштаби радіаційного забруднення та використовувати отримані результати для прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій радіаційного характеру.

Подальший розвиток методів оцінювання стану довкілля представлено у роботі [4], де запропоновано інтегровану модель оцінювання забруднення ґрунтів і ґрунтових вод на уражених територіях. Модель базується на поєднанні показників стану різних компонентів природного середовища та враховує взаємозв'язки між процесами міграції забруднювальних речовин у ґрунті та водному середовищі. Запропонований підхід дозволяє здійснювати оцінювання техногенно-екологічного стану територій та визначати зони підвищеного ризику забруднення.

У роботі [5] розглянуто процедури геопросторового профілювання територій можливого радіаційного забруднення, що можуть виникати внаслідок ракетно-

артилерійських уражень. Методика передбачає використання геоінформаційних підходів для аналізу просторового розподілу небезпечних факторів та формування карт ризику. Геопросторове профілювання дозволяє враховувати особливості рельєфу, гідрогеологічні умови та інші природні фактори, що впливають на поширення забруднювальних речовин.

Додатковим напрямом досліджень є моделювання процесів пошуку джерел забруднення водних об'єктів. У роботі [6] запропоновано математичний підхід до визначення можливих джерел надходження забруднювальних речовин у водні системи в умовах сучасних військових загроз. Модель дозволяє аналізувати взаємозв'язки між параметрами водного середовища та визначати потенційні джерела забруднення, що є важливим для організації екологічного моніторингу та розроблення заходів щодо зменшення негативного впливу на водні ресурси.

Таким чином, доцільним є застосування математичного моделювання у поєднанні з геопросторовими методами для оцінювання стану уражених територій та прогнозування поширення техногенно-екологічного забруднення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н., Шевченко О., Рушак І., Крадожон В., Краснов В. Формування умов існування математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій на територіях забруднених залишками ракетно-артилерійського ураження. *Social Development and Security*. 2025. Том. 15. № 5. С. 151–161. DOI: 10.33445/sds.2025.15.5.12
2. Рашкевич Н. В., Мележик Р. С., Перегін А. В., Краснов В. А. Оцінка забруднення ґрунтів у районах ураження ракетно-артилерійських систем за показниками електропровідності. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. № 2(42). С. 294–303. DOI: 10.52363/2524-0226-2025-42-19
3. Краснов В. А., Рашкевич Н. В. Оцінка радіаційного впливу під час аварії на сховищі відпрацьованого ядерного палива. «Комунальне господарство міст». Серія: Інформаційні технології та інженерія. 2025. Том 6. Вип 194. С. 74–81. DOI: 10.33042/3083-6727-2025-6-194-74-81
4. Рашкевич Н. В., Краснов В. А., Рашкевич О. С. Теорія і практика розробки інтегрованої моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених територіях. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 18(2/2025). С. 23–33. DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.3
5. Рашкевич Н. В., Краснов В. А., Гузь А. С. Процедури геопросторового профілювання території можливого радіаційного забруднення внаслідок ракетно-артилерійських уражень. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. № 111 (2025). С. 158–165. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2025.111.0.158
6. Рашкевич Н. В., Шевченко О. С., Краснов В. А. Моделювання процесу пошуку джерел забруднення водних об'єктів в умовах сучасних військових загроз : V International scientific conference «Maritime security of the Baltic-Black Sea region: challenges and threats». Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2025. С. 42–45. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/26737>

ВПЛИВ ТРИВАЛИХ НАДЗВИЧАЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПРОФЕСІЙНУ НАДІЙНІСТЬ ТА БЕЗПЕКУ ПЕРСОНАЛУ ДСНС

Кузьменко О. В.

Цимбал Б. М., д.держ.упр., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Професійна діяльність людини в умовах сучасного високотехнологічного та надзвичайно динамічного середовища характеризується високим рівнем невизначеності, складності та відповідальності. Особливо це стосується працівників екстрених служб, а саме пожежних-рятувальників, медичних бригад та аварійних команд, чия робота поєднує ризик для життя, необхідність прийняття швидких рішень та контроль великої кількості одночасних операцій [1].

У науковій літературі професійна надійність розглядається як інтегральна характеристика, що включає безпомилковість, своєчасність, ефективність та стійкість працездатності [2, 3]. Вона формується під впливом особистісних особливостей, рівня професійної підготовки, складності технічних систем та специфіки організаційного і соціально-психологічного середовища [4, 5]. Для фахівців, які виконують завдання у надзвичайних умовах, ключовими є стресостійкість, здатність до саморегуляції, адаптивність та вміння ефективно взаємодіяти з колегами.

Вплив тривалих надзвичайних навантажень на професійну надійність є багатовекторним. На фізіологічному рівні хронічний стрес призводить до виснаження нервових процесів, зниження швидкості реакцій, погіршення концентрації, когнітивної гнучкості та здатності до прогнозування, що підвищує ймовірність помилок та порушує безпомилковість виконання завдань [6].

На психологічному рівні тривалі стресові впливи активізують механізми емоційної регуляції та самоконтролю. Ефективна саморегуляція дозволяє зберегти працездатність у кризових умовах, тоді як її порушення призводить до системних помилок, каскадних наслідків для роботи технічних систем та соціальних процесів.

Соціально-психологічний аспект включає вплив колективної взаємодії, мотивації та професійно-особистісного потенціалу фахівця. Особистісні ресурси, включно з відповідальністю, самодисципліною та готовністю до швидкого реагування, визначають здатність компенсувати негативні наслідки екстремальних умов та підтримувати високий рівень професійної надійності [7, 8]. Професійно-особистісний потенціал розглядається як цілісна біосоціальна система, що інтегрує інтелектуальні, типологічні та кваліфікаційні компоненти.

Дослідження показують, що тривалі надзвичайні навантаження поступово виснажують адаптаційні ресурси фахівця, що проявляється у симптомокомплексі хронічного перевантаження через порушення сну, дратівливість, зниження точності виконання завдань, підвищення кількості помилок, схильність до імпульсивних рішень. Відсутність психопрофілактики та належного відпочинку веде до професійного вигорання, емоційної деперсоналізації та зниження морально-вольової регуляції поведінки [9].

На колективному рівні тривалі навантаження впливають на ефективність командної взаємодії, оскільки підвищується конфліктність, сповільнюється комунікація, знижується довіра, що створює додатковий ризик помилок та аварій. Водночас розвиток навичок психологічної саморегуляції, релаксації, усвідомленої рефлексії та психологічна підтримка з боку організації підвищують стабільність професійної поведінки навіть у критичних ситуаціях [10].

У практичному аспекті підтримка професійної надійності персоналу екстрених служб потребує комплексного підходу, а саме регулярного моніторингу психоемоційного стану, тренінгів зі стрес-менеджменту, майндфулнесу та кризового мислення, ротації після складних завдань, командних дебрифінгів та забезпечення ресурсної підтримки (обладнання, відпочинок, психологічна допомога). Тільки поєднання психофізіологічної, психологічної та організаційної підтримки дозволяє мінімізувати негативні наслідки тривалих навантажень та зберегти професійну надійність та безпеку в довготривалій перспективі.

Підсумовуючи вищевикладене, підкреслимо, що тривалі надзвичайні навантаження суттєво знижують когнітивні, емоційні та фізичні ресурси персоналу ДСНС, підвищуючи ризик помилок та погіршення ефективності діяльності. Для підтримки професійної надійності критично важливими є розвиток психологічної стійкості, саморегуляції, ефективної командної взаємодії та системна організаційна підтримка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Милерян Є. О. Психологія праці і професійної освіти. Київ : НПП «Інтерсервіс», 2019. 290 с.
2. Корнецьук В. В. Професійна надійність персоналу соціономічної сфери : навч. посіб. Київ: ФОП Бондаренко М. О., 2017. 52 с.
3. Солтик О. Визначення й обґрунтування компонентів, критеріїв та показників професійної надійності вчителя фізичної культури. Обрії. 2017. № 2 (45). С. 74–80.
4. Гаркавцев Є. І. Сутність поняття професійна надійність майбутнього працівника органів внутрішніх справ. Вісник Національного університету оборони України. 2014. № 4 (41). С. 30–34.
5. Макаренко П. В. Психологічна надійність персоналу органів внутрішніх справ : теоретичні аспекти : матеріали наук.-практ. конф. Бочаровські читання, присвяч. пам'яті проф. С. П. Бочарової. Харків: Харків. нац. ун-т внутр. справ, 2016. С. 200–203.
6. Лещенко Г. А. Модель педагогічної системи формування професійної надійності майбутніх фахівців з аварійного обслуговування на авіаційному транспорті. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. 2015. Вип. 40. С. 191–199.
7. Koutsimani, P., Montgomery, A., Masoura, E., Panagopoulou, E. (2021). Burnout and Cognitive Performance. *Int J Environ Res Public Health*. 18. 4. 2145. DOI: 10.3390/ijerph18042145.
8. Рождественський А. Ю. Проблема психологічної надійності діяльності молодих спеціалістів. Габітус. 2023. Вип. 54. С. 206–212.
9. Farahat, S. A., Amin, O. R., Hamdy, H. S., Fouad, M. M. (2022). The impact of work-related stress on the cognition domain of executive functioning of health care workers during the COVID-19 pandemic. *Int Arch Occup Environ Health*. 95. 5. 1079–1090. DOI: 10.1007/s00420-021-01814-8
10. Wang, W., Atingabili, S., Mensah, I. A. et al. (2022). Teamwork quality and health workers burnout nexus: a new insight from canonical correlation analysis. *Hum Resour Health*. 20. 52. DOI: 10.1186/s12960-022-00734-z

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКАЦІЙНИХ ЗМІН БІОЧАРІВ З РИСОВОГО ЛУШПИННЯ

*Купріяшкіна О. В.¹, PhD,
Крусір Г. В.³, д.т.н, професор,
Мальований М. С.², д.т.н, професор,
Кочубей В. В.², к.хім.н., доцент,
Соколова Т. І.¹, PhD*

¹Одеський національний технологічний університет,

²Національний університет «Львівська політехніка»

³University of Applied Sciences und Arts Northwestern Switzerland, Switzerland

Тип сировини істотно визначає фізико-хімічні властивості біоچارу [1]. Співвідношення целюлози, геміцелюлоз і лігніну впливає на перебіг термохімічних процесів під час піролізу: целюлоза та геміцелюлози переважно сприяють утворенню біоолії, тоді як лігнін забезпечує підвищений вихід твердого вуглецевого залишку – біоچارу [2]. Таким чином, компонентний склад біомаси зумовлює структурні, хімічні та морфологічні характеристики кінцевого продукту.

Лушпиння рису є перспективною сировиною для виробництва біоچارу завдяки високому вмісту структурних вуглеводів і лігніну. Воно містить значну частку клітковини та перевищує за цим показником зерно і висівки. За даними досліджень, у сухій речовині рисового лушпиння міститься близько 31,6 % лігніну, 35,55 % целюлози та 14,4 % геміцелюлоз, що зумовлює високий потенціал утворення твердого вуглецевого продукту.

Біочар – це високовуглецевий матеріал, утворений у результаті термохімічної (піроліз, газифікація, гідротермальна карбонізація) або механохімічної конверсії вуглецевмісної сировини в умовах обмеженого доступу кисню.

Технології виробництва біоچارу відрізняються температурними режимами та тривалістю процесу: швидкий піроліз (300–700 °С), повільний/помірний піроліз (500–1000 °С), газифікація (750–900 °С), гідротермальна карбонізація (180–300 °С), флеш-карбонізація (300–600 °С), торрефікація (200–300 °С), мікрохвильова обробка тощо [5]. Вибір методу визначає співвідношення кінцевих продуктів [6]: швидкий піроліз забезпечує високий вихід біоолії (до 70–75 %) при відносно низькому виході біоچارу (10–15 %), тоді як газифікація орієнтована переважно на отримання синтез-газу (до 80–85 %) з мінімальним утворенням твердого залишку.

Отже, метою даного дослідження було вивчення структурних характеристик поверхні та фізико-хімічних властивостей біовугілля, отриманого з рисового лушпиння, із застосуванням інтегральної та диференціальної ІЧ-спектроскопії та комплексного термічного аналізу. Таким чином, біовугілля отримували з відходів рисового лушпиння (наважка 40 г) шляхом термічного та мікрохвильового піролізу. Термічний піроліз проводили при 300 і 500 °С (швидкість подачі газу – 30 мл/хв); зразки позначали як біовугілля-300 та біовугілля-500. Мікрохвильовий піроліз здійснювали при 230 °С протягом 15 хв (зразок – біовугілля-МХ). Попередньо сировину промивали деіонізованою водою, висушували при 105 °С упродовж 24 год та зберігали в герметичній тарі. Структурні характеристики визначали методом вакуумної сорбції за 25 °С із використанням кварцового спірального динамометра типу McBen. Температурну стабільність ($\pm 0,2$ °С) забезпечували системою терморегулювання. На основі ізотерм сорбції водяної пари розраховували вміст сорбованої вологи, питому поверхню та середній ефективний радіус пор. Термічну поведінку рисового лушпиння і біовугілля досліджували методом комплексного термічного аналізу (TG, DTG, DTA) на дериватографі Q-1500 (Paulik–Paulik–Erdei). Нагрівання проводили в повітрі до 1000 °С зі швидкістю 5 °С·хв⁻¹; маса проби – 50 мг, еталон – оксид алюмінію. ІЧ-спектри реєстрували на FT-IR спектрометрі Perkin Elmer Frontier у діапазоні 400–4000 см⁻¹ (роздільна здатність 4 см⁻¹). Зразки готували у вигляді таблеток з KBr. Диференціальний ІЧ-аналіз виконували за відносною оптичною густиною з використанням внутрішнього стандарту (смуга

1425 cm^{-1}). Статистичну обробку результатів здійснювали з використанням програмних пакетів R, GraphPad Prism, Microsoft Excel та ACDLabs 6.0 Professional.

В ході дослідження були отримані результати, а саме у діапазоні 197–350 °C відмінності у втраті маси між вихідною сировиною та біовугіллям свідчать про різний хімічний склад матеріалів. Зразки біовугілля-300 і біовугілля-500 демонструють меншу втрату маси порівняно з вихідною сировиною та біовугіллям-MX, що підтверджує нижчий вміст термічно нестійких компонентів. Для всіх зразків біовугілля характерні менш виражені екзотермічні піки на ДТА, що вказує на зменшення кількості речовин, схильних до термоокиснення. У діапазоні 350–423 °C вихідна сировина втрачала 13,5 % маси внаслідок згоряння залишків продуктів руйнування. Аналогічні процеси спостерігалися для біовугілля: біовугілля-MX (346–443 °C) – 18,2 %, біовугілля-300 (340–430 °C) – 27,3 %; біовугілля-500 (350–445 °C) – 28,6 % (рис. 1).

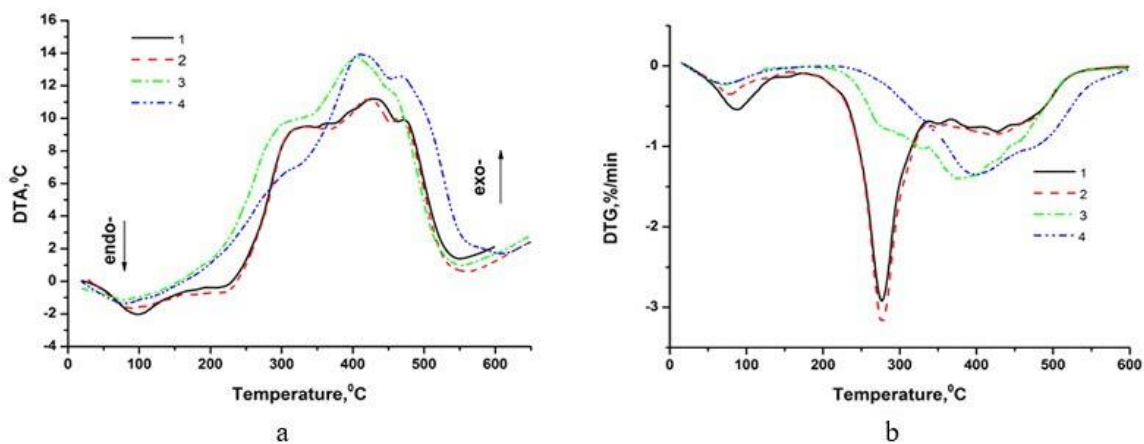


Рисунок 1 – Порівняння кривих ДТА досліджених зразків

У високотемпературному інтервалі (423–650 °C) відбувалося згоряння піролітичного залишку. Втрата маси становила: вихідна сировина – 31,9 %, біовугілля-MX – 29,1 %, біовугілля-300 – 46,5 %, біовугілля-500 – 55,3 %.

Отже, проведені дослідження біочару рисового лушпиння свідчать, що більша втрата маси та виражені екзотермічні ефекти для біовугілля у високотемпературній області свідчать про підвищений вміст термічно стабільних структур, сформованих у процесі попередньої термообробки. Порівняльний аналіз показав інтенсивніше поглинання вихідної сировини в діапазоні 670–1225 cm^{-1} , що пов'язано з наявністю білкових компонентів; їх зменшення у біовугіллі-300 зумовлене деструкцією під час піролізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yaashikaa P. R., Kumar P. S., Varjani S., Saravanan A. (2020). A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnology Reports*. 28. e00570.
2. Björner Brauer H., Hasselqvist H., Håkansson M., Willermark S., Hiller C. (2024). Re-configuring practices in times of energy crisis – A case study of Swedish households. *Energy Research & Social Science*. 114. 103578.
3. Faggian, L., Agostini, S., Müller, B., Gupte, A. P., Favaro, L. (2025). Efficient production of hydrogen through bioaugmentation of the organic fraction of municipal solid waste by the newly isolated *Clostridium sartagoforme* SA1. *Bioresource Technology*. 415. 131658.
4. Sokolova, T., Krusir, G., Shunko, H., Korkach, H., Makarova, O., Tolstykh, V., Sokolova, V. (2024). Preparation and study of acid-base and ion-exchange properties of biochar from waste coffee grounds. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 25(11). 399–409.
5. Torboli, A., Foladori, P., Lu, M., Gialanella, S., Maines, L. (2024). Spent coffee ground biochar for phosphate adsorption in water: Influence of pyrolysis temperature and iron-coating activation method. *Cleaner Engineering and Technology*. 23. 100839.

ІНТЕГРОВАНІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ТА ЗДОРОВ'ЯМ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Куренін В. М., к.економ.н., доцент

Миколаївський національний аграрний університет

Умови функціонування підприємств у період воєнного стану, особливо в регіонах, де тривають активні бойові дії, характеризуються появою численних загроз, у тому числі таких, що становлять безпосередню небезпеку для життя. Це зумовлює необхідність переосмислення рівня готовності суб'єктів господарювання до реагування на комплекс викликів, спричинених воєнними подіями.

Перебіг воєнних дій, який триває вже тривалий час на сході та півдні країни у форматі повномасштабної агресії, формує у населення певний обсяг емпіричних знань щодо характеру загроз та специфіки поведінки під час них. Уже стало звичним орієнтування у приблизному часі прольоту ракет, запущених із Каспійського регіону, розуміння середньої тривалості повітряних тривог у разі застосування авіації, розпізнавання звуків роботи сил протиповітряної оборони, а також дотримання базових правил безпеки [1, с. 135], включно з принципом «двох стін» та необхідністю підтримання резервних запасів продуктів, води, медикаментів і автономних джерел енергії.

Незважаючи на тривалість воєнного конфлікту, все ще існують підприємства, керівники яких не повною мірою усвідомлюють реальний масштаб загроз і не забезпечують належної адаптації виробничих процесів до умов воєнного стану, фактично піддаючи ризику життя і здоров'я працівників. Така недостатня готовність часто зумовлена двома протилежними за своєю природою факторами.

З одного боку, підприємства, що працюють у прифронтових районах, поступово втрачають відчуття безпеки через тривале перебування в умовах постійних загроз, що формує небезпечний ефект звикання та повернення до звичних моделей поведінки без належного посилення заходів безпеки. З іншого боку, підприємства, які функціонують на значному відстані від районів активних бойових дій, демонструють невиправданий оптимізм, сприймаючи війну як явище, що нібито не стосується їхньої діяльності та не становить прямої загрози. Подібне відчуття уявної захищеності є дуже оманливим, адже в умовах сучасних форм ведення війни повністю безпечних територій в Україні не існує [2, с. 598].

Щоб у процесі функціонування підприємств не виникало ситуацій невизначеності та ризиків для працівників, необхідно забезпечити впровадження мінімально достатніх заходів безпеки та застосування простого, але ефективного інструментарію. Такий підхід вже довів свою дієвість у практиці вітчизняних фахівців у період найбільшої невизначеності та низької готовності до воєнних загроз на початку повномасштабного вторгнення [3, с. 70]. Запропоновані правила та практичні механізми становлять комплекс адаптованих рішень, що відповідають специфіці сучасних умов, зумовлених російською агресією, та відображають професійну реакцію фахівців з безпеки та охорони здоров'я на роботі на виклики, що супроводжують діяльність підприємств у воєнний час.

У сучасних умовах воєнного часу керівникам підприємств необхідно ідентифікувати серед наявних передових методів та практик у сфері безпеки та здоров'я (БЗР) на роботі ті, що забезпечують найвищу ефективність з огляду на специфіку воєнних ризиків та їх гуманітарні наслідки. При цьому важливо враховувати напрацювання Міжнародної організації праці, Державної служби України з питань праці, досвід міжнародних гуманітарних інституцій, а також рекомендації українських фахівців у сфері

БЗР. Такі підходи можуть стати універсальним інструментарієм для спеціалістів будь-якого підприємства, яке опинилося в умовах збройного конфлікту [4, с. 374].

Розроблені методи та механізми організації БЗР на робочому місці мають бути спрямовані на всі сторони соціального діалогу: уряд, роботодавців та працівників, що забезпечує їх комплексність та узгодженість. При цьому першочергова відповідальність покладається на роботодавців, діяльність яких триває в умовах війни [5, с. 510]. Саме вони мають запровадити найбільш обґрунтовані й дієві заходи щодо забезпечення безпечних умов праці на всіх рівнях управління, а також гарантувати працівникам чітке розуміння їх прав та обов'язків у контексті воєнних викликів.

Інтегровані підходи до управління безпекою та здоров'ям персоналу в умовах воєнного часу засвідчують необхідність переходу підприємств від традиційних моделей охорони праці до більш гнучких, адаптивних та ризикорієнтованих систем. Воєнні загрози формують багатовимірне середовище ризиків, у якому стандартні процедури стають недостатніми, а ефективність управління значною мірою визначається здатністю підприємств поєднувати нормативні вимоги, оперативні рішення та превентивні заходи.

Особливе значення має орієнтація на розвиток відповідальної організаційної культури, в якій питання безпеки розглядаються як стратегічний пріоритет, а не як формальний елемент виробничої діяльності. У результаті застосування таких підходів підприємства не лише підвищують рівень захищеності персоналу, а й забезпечують власну стійкість, здатність адаптуватися до швидкоплинних умов та мінімізувати гуманітарні та економічні наслідки воєнних загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сухорукова А. Л. Особливості трудових відносин у сільському господарстві: теоретико-практичний аналіз. *Modern Economics*. 2025. № 51(2025). С. 130–136. DOI: 10.31521/modecon.V51(2025)-16.
2. Іваненко В. С. Шляхи виживання та розвитку українського бізнесу під час воєнного стану : матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Економіко-правові аспекти господарювання: сучасний стан, ефективність та перспективи». Одеса, 2025. С. 595–598. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/22542>
3. Іваненко В. С. Залучення фахівців сторонніх служб для проведення оцінки ризиків на робочому місці: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «OSHAgro – 2023». Київ: НУБіП України, 2023. С. 69–71. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15935>
4. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв : МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>
5. Сухорукова А. Л. Розробка бізнес-стратегій діяльності підприємств аграрного профілю: матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Економіко-правові аспекти господарювання: сучасний стан, ефективність та перспективи». Одеса, 2025. С. 508–511. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/22540>

ПСИХОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ ПЕРСОНАЛУ ОПН ЯК ЧИННИК ЗАПОБІГАННЯ ПОМИЛКАМ, СПРИЧИНЕНИМ ЛЮДСЬКИМ ФАКТОРОМ

*Курільчук К. А.,
Степаненко В. О., PhD*

Національного університету цивільного захисту України

Сьогодні безпека об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН) в Україні розглядається не просто як технічне завдання, а як складова виживання в умовах екстремальних зовнішніх загроз. Практика роботи підрозділів ДСНС під час ліквідації техногенних інцидентів підтверджує: навіть найбільш досконала автоматика виявляється безсилою, якщо людина, яка нею керує, піддається паніці або стресовому заціпенінню [1]. Проблема «людського фактора» залишається причиною більшості аварій, проте часто вона криється не у відсутності знань, а у психологічній незахищеності персоналу перед обличчям катастрофи. Саме тому формування психологічної стійкості фахівців ОПН є критичною необхідністю для запобігання помилкам, ціна яких – людські життя та екологічна безпека регіонів [2].

Діяльність персоналу на об'єктах підвищеної небезпеки за своєю структурою дуже близька до бойової роботи рятувальників. Це тривале чергування в режимі очікування, яке може в будь-яку секунду перерватися сигналом тривоги. Такий різкий перехід від монотонії до надвисокої напруги є колосальним викликом для нервової системи. Психологічна стійкість у такому контексті – це не просто спокій, а здатність мозку працювати в «аварійному режимі» без втрати логіки та швидкості реакції [3].

Аналізуючи досвід психологічної служби ДСНС та наукові праці у сфері цивільного захисту, можна виділити кілька ключових зон, де психологічна стійкість виступає головним запобіжником помилок:

У момент вибуху чи раптового витоку хімікатів невідготівлена людина часто впадає в стан «ступору». Втрачаються дорогоцінні секунди, які згідно з регламентами відводяться на герметизацію відсіків чи зупинку реакторів. Психологічно стійкий оператор, завдяки напрацьованим алгоритмам, швидше проходить фазу шоку і приступає до виконання першочергових дій, передбачених Кодексом цивільного захисту [1, 2].

Коли рівень стресу зашкалює, мозок схильний фокусуватися на одній проблемі (наприклад, пожежі), повністю ігноруючи іншу (наприклад, зростання тиску в сусідньому резервуарі). Стійкість дозволяє фахівцю зберігати «панорамну увагу», що є критично важливим для диспетчерів ОПН, які мають одночасно координувати декілька процесів під час аварії [2].

В умовах надзвичайної ситуації персонал ОПН змушений діяти за неповної або суперечливої інформації. Обмежений час на аналіз, високий рівень ризику та постійна зміна обстановки створюють ситуацію, коли рішення приймаються інтуїтивно, спираючись на попередній досвід і рівень психологічної підготовки. Саме стійкість до невизначеності дозволяє уникнути хаотичних дій, зберегти пріоритетність завдань та діяти відповідно до алгоритмів навіть у критичних умовах.

Багато помилок стаються через втрату пильності внаслідок втоми або монотонності. Стійкість допомагає підтримувати високий рівень концентрації протягом усієї зміни. Це дає змогу вчасно помітити найменші відхилення у роботі технологічного обладнання та перші ознаки передаварійної ситуації, які часто не встигають зафіксувати автоматизовані системи контролю.

Більшість помилок у взаємодії між персоналом об'єкта та підрозділами ДСНС стаються через емоційні викривлення інформації. Стійкість допомагає працівнику ОПН

чітко, без зайвих емоцій і паніки передати дані на пульт «101», вказати точне місце осередку та характер загрози. Це дозволяє керівнику гасіння пожежі (КГП) правильно розрахувати сили та засоби ще на під'їзді до об'єкта.

У стресових умовах ефективність ліквідації надзвичайної ситуації залежить не лише від індивідуальної підготовки, а й від здатності швидко координувати дії, довіряти один одному та дотримуватися єдиного плану. Порушення комунікації або конфлікти в колективі можуть призвести до затримок у виконанні критичних операцій і, як наслідок, до погіршення ситуації.

Робота в умовах сильного задимлення, шуму чи вібрації швидко виснажує вольовий ресурс. Використання технік дихання та внутрішнього контролю, які є базовими в підготовці рятувальників, дозволяє персоналу ОПН зберігати працездатність протягом усього часу ліквідації НС до моменту повної стабілізації ситуації.

Для того, щоб ці навички дійсно працювали, система підготовки на об'єктах має відійти від формальних інструктажів під підпис. Потрібне навчання з ефектом повного занурення в реальну обстановку: використання теплодимокамер, тренування на повнорозмірних тренажерах-імітаторах та регулярні спільні навчання з підрозділами ДСНС. Тільки через «проживання» стресової ситуації в навчальних умовах можна сформуванати у людини психологічний імунітет [3].

Отже, психологічна стійкість персоналу – це такий самий елемент системи безпеки ОПН, як і протипожежні перешкоди чи системи автоматичного гасіння. У сучасних реаліях людський фактор має розглядатися не як неминуче джерело помилок, а як керований ресурс. Інтеграція методів психологічної підготовки рятувальників у навчальні плани персоналу ОПН дозволить значно підвищити рівень захищеності об'єктів критичної інфраструктури. Тільки поєднання технічної досконалості та високої психологічної готовності людей здатне забезпечити ефективний захист і мінімізувати наслідки будь-яких техногенних катастроф [1, 3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI Дата оновлення: 22.03.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення: 12.04.2026).
2. Тімченко О. В. Екстремальна психологія : підручник. НУЦЗУ, 2007 (дата звернення: 12.04.2026).
3. Психологія діяльності в особливих умовах: навчальний посібник / за заг. редакцією професора М .А. Кришталія-2021 (дата звернення: 12.04.2026).

ЧИННИКИ ВРАЗЛИВОСТІ ТА МЕХАНІЗМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ КРИТИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

*Лінчевський Є. А.¹,
Кириченко О. В.¹, д.т.н., професор,
Школяр Є. В.¹, к.псих.н.*

¹Міністерство розвитку громад та територій України,

²Національний університет цивільного захисту України

Стабільна робота транспортної мережі як базового сегмента критичної інфраструктури держави забезпечується злагодженою взаємодією її структурних вузлів, що мають фундаментальне значення для безперервності перевезень. В умовах сучасних безпекових викликів саме ці компоненти стають пріоритетними об'єктами для дестабілізації, що зумовлює гостру потребу в їхньому детальному вивченні[1, 2].

До ключових вразливих елементів транспортної системи належать:

- енергетичний комплекс: тягові підстанції, трансформаторне обладнання та мережі живлення.
- опорні логістичні пункти: сортувальні та вузлові станції, транспортні хаби та великі логістичні центри.
- системи керування рухом: диспетчерські пункти, засоби сигналізації та автоматизації.
- капітальні інженерні об'єкти: мости, естакади, тунелі.
- технічна база: об'єкти обслуговування, ремонтні депо та бази.

Специфічну групу критичної інфраструктури становлять об'єкти водного сполучення та гідротехнічні вузли, зокрема морські й річкові порти, а також системи шлюзів. Морські порти вирізняються надзвичайно високою концентрацією функціонально важливих ланок – від причального фронту та перевантажувальних терміналів до систем енергозабезпечення й цифрового управління. Порушення роботи окремих складових портової бази здатне паралізувати функціонування всього логістичного комплексу. Оскільки порти відіграють стратегічну роль у забезпеченні зовнішньої торгівлі, їхнє ураження спричиняє тяжкі економічні наслідки загальнодержавного масштабу.

Специфіка річкової транспортної мережі, зокрема Дніпровського водного шляху, визначається особливою архітектурою її критичних об'єктів, основу якої становить каскад складних гідротехнічних споруд. Ця система, що охоплює судноплавні шлюзи, дамби та водосховища, відзначається повною функціональною незамінністю та високим ступенем каскадної взаємозалежності всіх її компонентів. У цій структурі кожен окремий шлюз виступає критичною «точкою відмови»: будь-яке порушення його працездатності призводить до миттєвого припинення судноплавства на значних ділянках річки, створюючи системний параліч усієї транспортної логістики.

Додатковим фактором вразливості є багатофункціональність гідротехнічних вузлів, які одночасно забезпечують транспортне сполучення, генерацію електроенергії та регулювання водного режиму. Відтак, будь-яке ураження подібних об'єктів ініціює каскадні наслідки, що виходять далеко за межі транспортної галузі, провокуючи енергетичні кризи та масштабні техногенні зміни гідрологічної ситуації. Враховуючи значні масштаби та специфічні конструктивні особливості цих споруд, можливості їхнього повноцінного інженерного захисту є об'єктивно обмеженими, що суттєво підвищує загальну вразливість системи перед сучасними високоточними засобами ураження. Таким чином, гідротехнічна інфраструктура разом із портовими комплексами

формує специфічну категорію критичних елементів, для яких характерна надвисока концентрація стратегічних функцій та здатність до генерування масштабних системних ефектів у разі їхньої дестабілізації.

Аналіз наслідків деструктивних впливів на транспортну мережу свідчить, що найбільш вразливою ланкою є система енергетичного забезпечення. Вихід з ладу трансформаторного обладнання або розподільчих вузлів призводить до негайного припинення руху електрифікованого транспорту на значних ділянках, а з огляду на значні часові та ресурсні витрати, необхідні для відновлення таких об'єктів, їхня критичність суттєво зростає.

Високий ступінь вразливості енергетичних та транспортних компонентів зумовлений низкою системних факторів. По-перше, конструктивні особливості багатьох елементів, зокрема розміщення трансформаторів та розподільчих пристроїв на відкритих майданчиках, роблять їх легкодоступними для ураження навіть за наявності базових захисних споруд. По-друге, ситуація ускладнюється функціональною незамінністю окремих вузлів: відсутність належного дублювання або альтернативних маршрутів живлення створює «одиначні точки відмови», ураження яких має непропорційно тяжкі наслідки для всієї системи. Третім фактором є висока концентрація стратегічних функцій, коли в межах одного об'єкта зосереджуються системи енергопостачання, управління та комунікацій, що значно підвищує ефективність точкових атак.

Крім того, специфіка лінійних об'єктів, таких як мости, шляхопроводи та колії, що мають велику протяжність, об'єктивно обмежує можливості їхнього повноцінного інженерного зміцнення. Важливим аспектом є також глибока взаємозалежність транспортної інфраструктури з іншими секторами, насамперед енергетикою та зв'язком, через що збої в суміжних галузях автоматично дестабілізують роботу транспорту навіть за відсутності прямих атак на його об'єкти. Окрему проблему становить недосконалість чинної системи категоризації, оскільки низка допоміжних споруд, які фактично виконують критичні функції, формально не мають відповідного захищеного статусу.

Таким чином, стійкість транспортної інфраструктури визначається не лише фізичною міцністю окремих об'єктів, а й їхньою роллю в загальному функціонуванні мережі та наявністю альтернативних рішень. У цих умовах виникає нагальна потреба у стратегічному переході від захисту конкретних точок до комплексного забезпечення життєздатності критичних функцій системи через поєднання інженерних, організаційних та оборонних заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру».
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109 «Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури» (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2022 р. № 1384).
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 липня 2022 р. № 821 «Про затвердження Порядку проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури».
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2022 р. № 1174 «Про затвердження регламенту обміну інформацією між суб'єктами національної системи захисту критичної інфраструктури».

ПРАВОВІ АСПЕКТИ ВСТАНОВЛЕННЯ ФАКТУ ВЧИНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ПРАВОПОРУШЕННЯ

*Луценко Т. О., к. держ. упр., доцент
Національний університет цивільного захисту України*

Встановлення факту вчинення екологічного правопорушення є ключовою передумовою притягнення до адміністративної відповідальності. Саме від якості фіксації протиправної поведінки залежить можливість подальшого доказування складу адміністративного проступку та законність застосування адміністративних санкцій.

Правові засади встановлення факту вчинення екологічного правопорушення визначається низкою нормативно-правових актів, серед яких особливе значення мають: Кодекс України про адміністративні правопорушення, Положення про Державну екологічну інспекцію України, Інструкція з оформлення Державною екологічною інспекцією України та її територіальними органами матеріалів про адміністративні правопорушення, а також Положення про Єдину екологічну платформу «ЕкоСистема».

Кодекс України про адміністративні правопорушення встановлює перелік екологічних проступків, за які передбачено адміністративну відповідальність, визначає суб'єктів, уповноважених складати протоколи про адміністративні правопорушення, а також регламентує загальні вимоги до процесуальних документів, що підтверджують факт порушення.

Водночас у Положенні про Державну екологічну інспекцію України закріплено повноваження посадових осіб цього органу щодо здійснення державного нагляду у сфері охорони довкілля, зокрема право виявляти екологічні правопорушення, фіксувати їх та складати відповідні протоколи.

Окрему роль у системі фіксації екологічної шкоди відіграє Єдина екологічна платформа «ЕкоСистема», яка використовується для обліку та документування негативного впливу на довкілля, зокрема у випадках надзвичайних ситуацій, техногенних аварій або внаслідок збройної агресії Російської Федерації проти України.

Встановлення факту вчинення екологічних порушень являє собою процес доведення наявності протиправних дій у сфері охорони довкілля з метою притягнення винних осіб до відповідальності. Цей процес включає кілька етапів, серед яких:

– *Виявлення правопорушення.* Цей етап здійснюється у таких формах: пряме засвідчення правопорушення відповідними органами чи посадовими особами уповноваженими на здійснення контролю у сфері охорони природи; повідомлення про протиправні дії самим порушником; заяви чи скарги громадян; інформація, яку надають посадові особи інших державних структур, органів місцевого самоврядування, органів виконавчої влади, а також підприємств, установ чи організацій; засвідчення з боку громадських інспекторів у сфері охорони довкілля; повідомлення у засобах масової інформації; розміщення даних чи повідомлень у соціальних мережах та на інших онлайн-ресурсах. Окрім цього, можуть діяти й інші форми виявлення правопорушення. Суб'єктами, які здійснюють виявлення екологічних порушень, є Державна екологічна інспекція (включно з її територіальними органами), громадські інспектори з охорони довкілля, представники громадських організацій, громадяни і правоохоронні органи. Окремо слід зазначити, що в умовах воєнного стану ми поділяємо думку науковців щодо доцільності залучення міжнародних фахівців до процесу виявлення правопорушень. Їхній досвід може бути корисним для фіксації фактів порушень, визначення об'єкта

доказування та обсягу необхідної доказової бази, деталізації негативних наслідків і отримання відповідних доказів.

– *Перевірка виявлених фактів правопорушення.* Процес встановлення факту правопорушення здійснюється через наступні дії: огляд місця скоєння порушення представниками спеціально уповноважених органів; перевірка дозвільної документації. Зазначені дії здійснюються установами, наділеними відповідними повноваженнями, та включають проведення службового розслідування компетентним органом, а також виконання лабораторних, експертних й інших видів досліджень суб'єктами, які мають законні підстави та необхідні права для їх здійснення.

Результати встановлення та перевірки обставин правопорушення підлягають обов'язковому документальному оформленню, що є необхідною умовою забезпечення належного доказового значення зібраних матеріалів та їх подальшого використання у правозастосовній діяльності. Документальне закріплення відповідних відомостей дає змогу систематизувати отриману інформацію, підтвердити наявність або відсутність складу правопорушення, а також забезпечити належний рівень обґрунтованості прийняття управлінських чи процесуальних рішень.

До основних форм фіксації встановлених обставин належать акти перевірок, протоколи огляду місця вчинення правопорушення, матеріали службових розслідувань, експертні та лабораторні висновки, а також офіційні повідомлення посадових осіб Державної екологічної інспекції та її територіальних органів. Зазначені документи відображають фактичні дані щодо характеру, умов та наслідків правопорушення, містять інформацію про джерела його виявлення, а також фіксують результати проведених контрольних, аналітичних і дослідницьких заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 07.12. 1984 р. № 8073-Х. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text>
2. Про затвердження Положення про Державну екологічну інспекцію України: Постанова Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2017 р. № 275.
3. Про затвердження Інструкції з оформлення Державною екологічною інспекцією України та її територіальними органами матеріалів про адміністративні правопорушення: Наказ Міністра навколишнього природного середовища від 05. 07. 2004 року № 264. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0934-04#top>
4. Завальний В. М. Адміністративна відповідальність за екологічні правопорушення – проблемні питання. Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ (5-21 квітня 2005 р.). Суми, 2005. С. 385.
5. Легеза Ю. О. Окремі аспекти адміністративної відповідальності за вчинення екологічних правопорушень. URL: http://pju.nuoua.od.ua/v2_2019/16.pdf
6. Хижня Л. Є. Адміністративна відповідальність за вчинення правопорушень у сфері захисту довкілля в Україні: дис. канд. юрид. наук: 12.00.07. Запоріжжя, 2020. 263 с.

ПРОФЕСІЙНІ РИЗИКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ДСНС УКРАЇНИ ПРИ РОБОТІ НА ПРОЇЗНІЙ ЧАСТИНІ ТА ШЛЯХИ ЇХ МІНІМІЗАЦІЇ

Луцик В. В.,

Цимбал Б. М., д.держ.упр., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Дорожньо-транспортні пригоди (далі – ДТП) є одними з найпоширеніших надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Під час ліквідації наслідків дорожньо-транспортних пригод рятувальники Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС) виконують завдання в умовах підвищеної небезпеки безпосередньо на проїзній частині або поблизу неї. Інтенсивний дорожній рух, обмежена видимість, несприятливі погодні умови та стресові фактори створюють значні професійні ризики для життя і здоров'я особового складу. Тому питання охорони праці рятувальників під час роботи на дорозі є надзвичайно актуальним.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» держава гарантує працівникам безпечні та нешкідливі умови праці незалежно від характеру виконуваних робіт [1]. Разом із тим специфіка аварійно-рятувальних робіт на автомобільних дорогах вимагає додаткового врахування факторів дорожнього руху, що регламентуються Законом України «Про дорожній рух» та Правилами дорожнього руху України та відповідними нормативно-правовими актами ДСНС України.

Аналіз умов праці рятувальників на місці ДТП свідчить, що основними небезпечними факторами є ризик наїзду транспортних засобів на особовий склад, імовірність виникнення вторинних аварій, обмежена видимість у темну пору доби та за несприятливих погодних умов. Окрему небезпеку становить психоемоційне навантаження, пов'язане з дефіцитом часу, високою відповідальністю та необхідністю одночасного виконання декількох завдань.

Згідно з чинним порядком розслідування нещасних випадків, дорожньо-транспортна пригода, що сталася під час виконання службових обов'язків, належить до нещасних випадків виробничого характеру та підлягає обов'язковому розслідуванню [2]. Це підтверджує необхідність системного підходу до управління професійними ризиками під час робіт на проїзній частині.

Відповідно до нормативно-правових документів водії повинні мати документ, що посвідчує особу, і посвідчення на право керувати транспортним засобом та які пройшли передрейсовий медичний огляд і допущені до рейсу, з оформленими дорожніми листами [3], та пройшли відповідні навчання та інструктажі з охорони праці.

Мінімізація професійних ризиків рятувальників на проїзній частині повинна здійснюватися шляхом реалізації комплексу організаційних, технічних та профілактичних заходів.

До організаційних заходів належить планування та зонування місця дорожньо-транспортної пригоди. Територія проведення аварійно-рятувальних робіт повинна бути поділена на робочу зону, яка повинна включати в себе внутрішнє коло безпеки (1-го порядку) та коло забезпечення (2-го порядку) та у випадку перевезення небезпечного вантажу – коло безпеки (3-го порядку) [4]. Також важливим організаційним рішенням є обмеження або повне перекриття дорожнього руху в зоні проведення робіт. Рішення щодо ступеня обмеження руху повинно прийматися керівником аварійно-рятувальних робіт з урахуванням інтенсивності транспортного потоку, погодних умов та часу доби. У випадках підвищеної небезпеки доцільним є повне перекриття руху на окремі ділянки

дороги або організація об'їздів, що значно знижує рівень професійного ризику для особового складу.

Не менш важливою складовою організаційних рішень є чітка координація та взаємодія між службами, які залучаються до ліквідації наслідків ДТП. Взаємодія підрозділів ДСНС, Національної поліції, екстреної медичної допомоги та дорожніх служб повинна здійснюватися за заздалегідь визначеним алгоритмом. Узгоджені дії дозволяють уникнути хаотичного руху техніки, дублювання функцій та створення додаткових небезпечних ситуацій.

Технічні заходи передбачають правильне розміщення пожежно-рятувальної техніки з метою створення умовного захисного бар'єру, коли автомобіль ставиться під кутом до огорожувальних конструкцій, використання засобів індивідуального захисту з світловідбивними або фотолюмінісцентними елементами та переносних сигнальних пристроїв. Крім того, під час виконання робіт (у світлу та темну пору доби) необхідно включати сигнально-проблискові маяки аварійно-рятувальних автомобілів та додатково у темну пору доби – габаритні вогні, групові та індивідуальні ліхтарі, світлові вежі та сигнальні ліхтарі на огорожувальних конусах, та при виконанні робіт в умовах обмеженої видимості (туман, на підйомах, за поворотами тощо) необхідно встановлювати дублюючі засоби світлової сигналізації в місцях, де їх можуть завчасно побачити учасники дорожнього руху [5].

До профілактичних заходів входить регулярне навчання та тренування особового складу з питань охорони праці, а також урахування психофізіологічного стану рятувальників і дотримання режимів праці та відпочинку.

Таким чином, професійні ризики рятувальників ДСНС при роботі на проїзній частині мають комплексний характер і потребують системного управління. Дотримання вимог нормативно-правових актів у поєднанні з практичними заходами з охорони праці сприятиме зниженню рівня травматизму та підвищенню безпеки аварійно-рятувальних робіт у зоні дорожнього руху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ: станом на 12 вересня 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
2. Про затвердження Порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків, що сталися з особами рядового і начальницького складу служби цивільного захисту : наказ від 12.03.2024 № 154.
3. Про затвердження Настанови з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України : наказ від 27.06.2013 № 432.
4. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо порядку дій аварійно-рятувальних формувань ДСНС під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (небезпечних подій), пов'язаних із дорожньо-транспортними пригодами : наказ від 28.01.2020 № 80.
5. Про затвердження Правил безпеки праці в органах та підрозділах ДСНС : наказ від 31.12.2025 № 1661.

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІРОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ БОДІ-КАМЕР ПІД ЧАС ОПЕРАТИВНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Матухно В. В., к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Питання охорони праці у піротехнічних підрозділах завжди займали особливе місце серед проблем безпеки виробничої діяльності. Роботи, пов'язані зі знищенням вибухонебезпечних предметів, відносяться до категорії підвищеного професійного ризику, оскільки виконуються в умовах невизначеності, обмеженого часу та постійної загрози для життя і здоров'я особового складу.

Практика багатьох років переконливо свідчить, що навіть за дотримання встановлених вимог безпеки та високого рівня професійної підготовки піротехніків, ризик виникнення небезпечних ситуацій залишається значним. У більшості випадків причини інцидентів пов'язані не з технічними чинниками, а з особливостями людської поведінки: втому, зниженням концентрації уваги, надмірною впевненістю у власному досвіді або відхиленням від безпечних алгоритмів дій.

Специфіка оперативного розмінування полягає в тому, що піротехнік змушений приймати рішення безпосередньо у небезпечному середовищі, де навіть незначна помилка може призвести до тяжких наслідків. За таких умов традиційні підходи до охорони праці, які ґрунтуються переважно на інструктажах та формальному контролі, не завжди забезпечують належний рівень безпеки.

У зв'язку з цим актуальним є впровадження сучасних технічних засобів, здатних забезпечити об'єктивний аналіз реальних дій персоналу під час виконання піротехнічних робіт. Одним із таких засобів є використання боді-камер, які можуть стати ефективним інструментом підвищення рівня охорони праці та профілактики небезпечних ситуацій.

Метою роботи є обґрунтування доцільності застосування боді-камер у піротехнічних підрозділах під час проведення оперативного розмінування з метою підвищення рівня охорони праці, мінімізації впливу людського фактора та зменшення ймовірності виникнення інцидентів під час знищення вибухонебезпечних предметів.

У ході дослідження проаналізовано особливості виконання робіт зі знищення вибухонебезпечних предметів з позицій охорони праці та управління професійними ризиками. Встановлено, що найбільша кількість відхилень від безпечних алгоритмів дій виникає на етапах, які вважаються рутинними та добре відпрацьованими. Саме звичність виконання окремих операцій знижує рівень пильності та створює передумови для помилок.

Застосування боді-камер дозволяє здійснювати безперервну відеофіксацію дій піротехніка без впливу на процес виконання робіт. Аналіз відеоматеріалів дає змогу детально відтворити послідовність операцій, оцінити правильність розміщення обладнання, дотримання безпечних дистанцій та відповідність дій вимогам охорони праці.

Важливим напрямом дослідження є оцінка психофізіологічного стану персоналу під час виконання небезпечних робіт. Тривале перебування у зоні підвищеної небезпеки призводить до накопичення втоми та емоційного напруження, що безпосередньо впливає на якість прийняття рішень. Відеофіксація дозволяє опосередковано оцінювати ці фактори через аналіз темпу роботи, характеру рухів та взаємодії між членами піротехнічної групи.

Окрему увагу приділено післяопераційному аналізу виконаних робіт. Використання відеозаписів забезпечує можливість об'єктивного розбору дій персоналу,

встановлення причин виникнення небезпечних ситуацій та формування практичних рекомендацій щодо їх попередження у подальшій діяльності.

З метою підвищення рівня охорони праці доцільно впроваджувати боді-камери як складову системи управління професійними ризиками у піротехнічних підрозділах. Їх застосування повинно бути спрямоване насамперед на профілактику небезпечних ситуацій, а не лише на фіксацію подій.

Результати аналізу відеоматеріалів доцільно використовувати для удосконалення організації робіт зі знищення вибухонебезпечних предметів, коригування алгоритмів дій та підвищення ефективності навчання персоналу. Використання реальних прикладів із практики сприяє формуванню стійких навичок безпечної поведінки та розвитку культури безпеки.

Крім того, застосування боді-камер сприяє підвищенню дисципліни та відповідальності особового складу, оскільки забезпечує об'єктивну оцінку дій кожного учасника робіт. У довгостроковій перспективі це створює умови для зниження рівня травматизму та підвищення загальної безпеки виконання піротехнічних робіт.

Додатково слід враховувати організаційні та правові аспекти використання боді-камер у піротехнічних підрозділах. Чітке регламентування порядку відеофіксації, зберігання та використання відеоматеріалів є необхідною умовою ефективного впровадження цього технічного засобу. Визначення відповідальних осіб, термінів зберігання записів і правил доступу до них дозволяє уникнути зловживань, забезпечити захист персональних даних та водночас створити надійну інформаційну базу для аналізу й удосконалення системи охорони праці у піротехнічних підрозділах.

У підсумку використання боді-камер під час оперативного розмінування слід розглядати як обґрунтований та перспективний напрям підвищення рівня охорони праці, спрямований на збереження життя і здоров'я піротехніків та підвищення ефективності робіт зі знищення вибухонебезпечних предметів.

У довгостроковій перспективі системне використання таких матеріалів сприяє формуванню сталої культури безпеки та підвищенню професійної надійності піротехнічних підрозділів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ksymiv, O., Rak, T., Peleshko, D. (2017). Video-based flame detection using LBP-based descriptor: Influences of classifiers variety on detection efficiency. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*. 9(2). 42–48. URL: <https://doi.org/10.5815/ijisa.2017.02.06>
2. Peleshko, D., Ivanov, Y., Sharov, B., & Izonin Ivan and Borzov, Y. (2016). Design and Implementation of Visitors Queue Density Analysis and Registration Method for Retail Videosurveillance Purposes. In O. Vynokurova & D. Peleshko (Eds.), *proceedings of the 2016 iee first international conference on data stream mining & processing (DSMP)* (pp. 159–162).

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ДЛЯ СИСТЕМИ ЛІС-АГРОЛАНДШАФТ-НАСЕЛЕНИЙ ПУНКТ

Мусієнко А. С.,

Юрченко В. О., д.т.н., професор

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Лісові пожежі в сучасних умовах дедалі частіше набувають рис комплексного екологічного феномену, який формується на перетині природних, кліматичних і соціально-економічних чинників та справляє багатовекторний вплив на просторово організовані природно-антропогенні системи. Посилення інтенсивності пожежних процесів у різних регіонах світу зумовлюється змінами клімату, що проявляються у підвищенні температурного фону, зростанні частоти екстремальних погодних явищ і тривалих посух, а також у порушенні традиційних режимів землекористування й лісокористування. За таких умов система «ліс – агроландшафт – населений пункт» функціонує як взаємопов'язаний екологічний комплекс, у межах якого пожежі виступають каталізатором глибоких структурно-функціональних трансформацій, наслідки яких мають як локальний, так і регіональний характер.

Лісові екосистеми є фундаментальним компонентом цієї системи, оскільки забезпечують стабілізацію природних процесів, регулювання мікроклімату, формування водного режиму територій і підтримання біологічного різноманіття. Порушення лісового покриву внаслідок пожеж призводить до руйнування вертикальної та горизонтальної структури насаджень, знищення деревного ярусу, підліску та надґрунтового рослинного покриву, що суттєво знижує біопродуктивність екосистем. Одночасно відбувається різке скорочення чисельності та видового складу тваринних організмів, порушуються усталені трофічні зв'язки, а екосистеми втрачають здатність до ефективної саморегуляції та адаптації до зовнішніх впливів.

Надзвичайно важливим аспектом екологічних наслідків лісових пожеж є трансформація ґрунтового покриву, який відіграє ключову роль у функціонуванні лісових біогеоценозів. Термічний вплив вогню спричиняє деградацію органічної складової ґрунтів, зменшення вмісту гумусу, зміну структури ґрунтових агрегатів і порушення водно-повітряного режиму.

Водночас лісові пожежі істотно впливають на глобальні та регіональні біогеохімічні цикли, насамперед вуглецевий, оскільки масове згоряння біомаси супроводжується вивільненням значних обсягів вуглецю, накопиченого в деревині та ґрунтах, що посилює парниковий ефект і сприяє подальшій кліматичній нестабільності. Таким чином формується замкнене коло, у межах якого кліматичні зміни підвищують пожежну небезпеку, а пожежі, своєю чергою, поглиблюють кліматичні дисбаланси, знижуючи роль лісів як природних стабілізаторів клімату.

Деградація лісових екосистем неминуче відбивається на стані прилеглих агроландшафтів, які перебувають у тісній екологічній взаємодії з лісами. Лісові масиви виконують важливу захисну функцію, зменшуючи інтенсивність вітрової та водної ерозії, регулюючи поверхневий стік і формуючи сприятливі мікрокліматичні умови для ведення сільського господарства. Їх знищення внаслідок пожеж призводить до порушення цих механізмів, що проявляється у прискоренні деградації ґрунтів, втраті поживних речовин і зниженні продуктивності агроекосистем. У післяпожежний період значно зростає ризик ерозійних процесів, особливо на схилах і відкритих ділянках, що ускладнює стабільне сільськогосподарське використання земель.

Окремої уваги потребує проблема хімічного забруднення агроландшафтів, пов'язаного з накопиченням продуктів згоряння органічної речовини. Важкі метали, токсичні органічні сполуки та дрібнодисперсні частинки, що осідають на ґрунтах і рослинності, можуть зберігатися в екосистемах тривалий час і включатися в харчові ланцюги. Це створює додаткові ризики для безпеки сільськогосподарської продукції та здоров'я населення, особливо в регіонах з інтенсивним аграрним виробництвом і високою щільністю населення.

Лісові пожежі також істотно змінюють гідрологічний режим територій, що має принципове значення для функціонування всієї системи «ліс – агроландшафт – населений пункт». Руйнування лісового покриву та ущільнення ґрунтів знижують їх інфільтраційну здатність, що призводить до збільшення поверхневого стоку й різких коливань рівня води у водотоках. Унаслідок цього підвищується ймовірність виникнення паводків, підтоплень і селевих процесів, які становлять серйозну загрозу для сільськогосподарських угідь, житлової забудови та інженерної інфраструктури. Водночас у посушливі періоди дефіцит вологи посилюється, що негативно позначається на водозабезпеченні населення та продуктивності агроекосистем.

Населені пункти, розташовані в зоні впливу лісових пожеж, зазнають багатовимірної екологічної та соціальної навантаженості. Забруднення атмосферного повітря продуктами горіння, зокрема дрібнодисперсними аерозолями й токсичними газами, погіршує санітарно-гігієнічні умови проживання, сприяє зростанню захворюваності населення та знижує загальний рівень екологічної безпеки. Втрата зелених насаджень і рекреаційних територій додатково поглиблює негативні наслідки пожеж, оскільки зменшується доступ населення до екосистемних послуг, що забезпечують комфортність і якість життя.

Узагальнюючи викладене, слід наголосити, що лісові пожежі порушують просторово-функціональну цілісність системи «ліс – агроландшафт – населений пункт», знижуючи її адаптаційний потенціал і стійкість до зовнішніх впливів. Фрагментація ландшафтів, деградація природних ресурсів і втрата регуляторних функцій формують довготривалі екологічні та соціально-економічні ризики, які ускладнюють реалізацію принципів сталого розвитку.

Таким чином, лісові пожежі слід розглядати як багатовекторний екологічний чинник, що впливає на всі компоненти системи «ліс – агроландшафт – населений пункт» і має комплексні наслідки різної тривалості. Деструкція лісових екосистем запускає каскадні процеси деградації агроландшафтів, трансформації гідрологічного режиму та погіршення умов проживання населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гриценко В. П., Шевченко І. М. Лісові екосистеми в умовах кліматичних змін. Київ: Ніка-Центр, 2021. С. 248.
2. Мальчикова Д. С. Вплив екстремальних природних процесів на екологічну безпеку населених пунктів. Український географічний журнал. 2021. № 2. С. 36–44.

БІОПОШКОДЖЕННЯ ПОЛІМЕРІВ МІКРОМІЦЕТАМИ. ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ

Мусич О. Г., к.б.н., с.н.с.,

Зубко О. В., н.с.,

Гузій С. Г., к.т.н., с.н.с.

*Державна установа «Інститут еохімії навколишнього середовища»
Національної академії наук України*

В роботі оцінено екологічний імунітет мікроміцетів, нові фактори ризику, які виникають в результаті активізації дії останніх при біопшкодженні полімерних матеріалів. Запропоновано новий підхід до цієї проблеми з урахуванням екологічного аспекту, як субстрата (полімера), так і деструктора (мікроміцета) [1] (рис. 1).

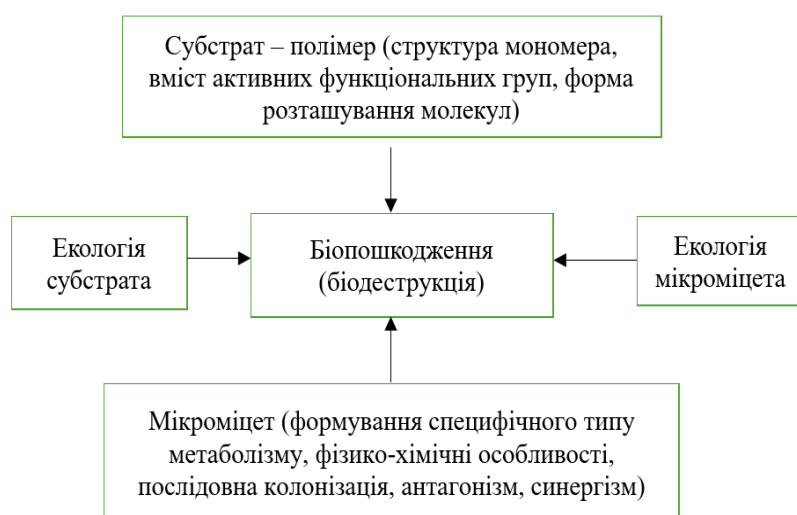


Рисунок 1 – Екологічний аспект біопшкодження

Процес біопшкодження полімерних матеріалів є складним, тривалим і складається з кількох етапів:

1. перенесення мікроорганізмів з повітря, води або ґрунту на поверхню матеріалу – стадія, що передує виникненню біопшкодження;
2. адсорбція мікроорганізмів і забруднювачів на поверхні матеріалів, пов'язаних із додатковими факторами – активністю мікроорганізмів, шорсткістю поверхні матеріалу, умовами навколишнього середовища (наявність кисню в повітрі, температурний діапазон, вологість повітря, рН середовища, тощо);
3. формування та збільшення мікроколоній, видимих неозброєним оком;
4. вплив метаболізму продуктів, що утворюються внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів на матеріал (кислий, лужний, окисдатовний, ферментативний);
5. стимуляція старіння і руйнування полімерів, що пришвидшує біопшкодження;
6. синергія біопшкоджень, що виникає внаслідок накладання низки факторів і взаємного стимулювання процесів руйнування матеріалу (власне біопшкодження, старіння, корозія, знос, втома, тощо).

Швидкість деструкції матеріалу залежить від екології субстрату. З одної сторони, створюються позитивні умови для розвитку мікроміцетів (екологія біодеструктора), з іншої – субстрат набуває стану більшої сприйнятливості до розвитку цвілі (екологія субстрату), тобто виникає комунікація між екологічним середовищем та розповсюдженням грибів на полімерному матеріалі.

Експериментальні дослідження авторів сприяли розробці класифікації грибів за специфічністю дії на субстрати та полімери технічних конструкцій [2–5]. Розрізняють дві групи мікроміцетів:

– неспецифічні сапротрофи, що зустрічаються на різних субстратах. Представниками є види родів *Aspergillus* sp.. Джерелом зараження полімерних продуктів є ґрунт, органічні матеріали, повітря, людина, до рук якої прилипають спори мікроміцетів;

– спеціалізовані види сапротрофів, які сформувались в процесі еволюції до певних матеріалів. Це види *Penicillium* sp., які ростуть на матеріалах різного хімічного складу.

Швидкість деструкції матеріалу залежить від екології субстрату. З одної сторони, створюються позитивні умови для розвитку мікроміцетів (екологія біодеструктора), з іншої – субстрат набуває стану більшої сприйнятливості до розвитку цвілі (екологія субстрату), тобто виникає комунікація між екологічним середовищем та розповсюдженням грибів на полімерному матеріалі [6].

Завдяки фізіолого-біохімічним властивостям, субстрактно-деструктивним характеристикам, мікроміцети створюють різноманітні еконіші та стають додатковим критерієм оцінки якості полімерних матеріалів і продуктів, виготовлених з них.

Встановлено, що біопшкодження з екологічної точки зору є природним процесом, і завдяки порівняльно-аналітичному аналізу визначена періодичність, послідовність появи мікроміцетів на конструкціях полімерних продуктів. При розподілі на полімерних структурах між мікроміцетами широко поширені синергія, конкуренція, антагонізм, які відіграють важливу роль у регуляції біохімічних і фізіологічних процесів у клітинах-партнерах, як частині симбіотичних систем.

Захист від біопшкоджень потребує комплексного рішення, оскільки полімери як перспективні матеріали майбутнього, стають частиною біосфери. При створенні нових матеріалів важливо враховувати екологічний імунітет – швидкість розкладання останніх у природних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль Е. З., Сидоренко Л. П. Мікодеструктори промислових матеріалів. К. : Наук. Думка, 1989. 192 с.
2. Guzii, S. G. (2019). Research on the biological stability of aluminosilicate adhesives for wood bonding. *Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 77. 126–134.
3. Kopylova, T. I., Guzii, S. G., Bazhelka, I. K., Kanavalava, A. A., Sabadakha, E. N. (2022). Assessment of the resistance of water-dispersion paints to mould fungi of the genus *Aspergillus*. *Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 1, Forestry, Natural Resource Use and Processing of Renewable Resources*. 1 (252). 208–216.
4. Guzii, S., Bazhelka, I., Kanavalava, A. (2021). Research of the biostability of organic bases of paints for wood, *EUREKA: Physics and Engineering*. 6. 11–18.
5. Guzii, S., Guzii, O., Prysyzhna, O., Musych, O., Voznyshchuk, A. (2025). Investigation of bio-resistance of inorganic geopolymer paints to mold fungi of the genus *Aspergillus*. *Lect Notes Civ Eng*. 22–31.
6. Leja, K., Lewandowicz, G. (2010). Polymer Biodegradation and Biodegradable Polymers – a Review, *Polish J. of Environ. Stud.* 19 (2). 255–266.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В УМОВАХ ВІЙНИ: ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ В УКРАЇНІ (2022–2026)

Несен І. О., PhD,

Бакушина К. С.

Національний університет цивільного захисту України

Екологічна безпека є важливою складовою національної безпеки та передбачає такий стан довкілля, за якого мінімізуються ризики для життя і здоров'я населення, а також забезпечується збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. У сучасних умовах екологічна безпека розглядається як результат ефективної державної екологічної політики, системного моніторингу стану навколишнього природного середовища та впровадження принципів сталого розвитку в усі сфери господарської діяльності. Вона охоплює попередження техногенних аварій, зниження рівня забруднення повітря, води й ґрунтів, раціональне використання природних ресурсів і збереження біорізноманіття.

Захист довкілля безпосередньо пов'язаний із забезпеченням громадського здоров'я. Забруднення атмосферного повітря твердими частинками, оксидами азоту, сірки та іншими токсичними речовинами спричиняє зростання респіраторних і серцево-судинних захворювань. Погіршення якості питної води підвищує ризик інфекційних і хронічних хвороб, а деградація ґрунтів впливає на безпечність харчових продуктів. У наукових дослідженнях останніх років наголошується на необхідності інтегрованого підходу до управління екологічними ризиками та формування системи екологічного моніторингу як основи профілактики негативного впливу на здоров'я населення [1].

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну у 2022 році суттєво загостило проблему екологічної безпеки. Бойові дії спричинили руйнування промислових підприємств, складів пально-мастильних матеріалів, об'єктів енергетики та інфраструктури, що супроводжувалося масштабними викидами забруднюючих речовин у повітря, ґрунти та водні об'єкти. За офіційними даними Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, зафіксовано тисячі випадків шкоди довкіллю, а загальна сума збитків постійно зростає [2]. Особливо значними стали наслідки руйнування Каховська ГЕС у 2023 році, що призвело до масштабного затоплення територій, втрати екосистем, загибелі біорізноманіття та погіршення якості води у басейні Дніпра [3]. Ця подія спричинила додаткові санітарно-епідеміологічні ризики, проблеми з доступом до питної води та зниження якості сільськогосподарських земель. Водночас значні площі територій залишаються забрудненими вибухонебезпечними предметами та продуктами горіння боєприпасів, що створює довготривалі екологічні та медичні загрози.

Аналітичні матеріали United Nations Environment Programme підтверджують, що воєнні дії в Україні мають довгостроковий негативний вплив на екосистеми, клімат та здоров'я населення, а процес відновлення потребує комплексних програм екологічної реабілітації [4]. У цьому контексті особливого значення набувають питання екологічного аудиту пошкоджених територій, рекультивації земель, модернізації систем водоочищення та впровадження принципів «зеленої» відбудови.

Таким чином, екологічна безпека в умовах воєнного стану є стратегічним напрямом державної політики, що поєднує природоохоронні та медико-соціальні аспекти. Захист довкілля та здоров'я людини потребує системних рішень, належного фінансування, міжнародної підтримки та впровадження сучасних екологічних стандартів. Лише комплексний підхід до подолання наслідків воєнної агресії дозволить забезпечити сталий розвиток та безпечне середовище для життя населення України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Polukarov, Y., Kachynska, N., Polukarov, O., Zemlyanska, O., Mitiuk, L. (2024). Impact of the full-scale war in Ukraine on the environment: environmental damage assessment. *Journal of Environmental Science & Policy*.
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційні матеріали щодо фіксації та оцінки збитків довкіллю, завданих внаслідок збройної агресії РФ проти України (2022–2026). Офіційний вебсайт. URL: <https://mepr.gov.ua>
3. United Nations Environment Programme. Rapid Environmental Assessment of Kakhovka Dam Breach, Ukraine. Nairobi, 2023.
4. United Nations Environment Programme. Ukraine: Environmental Impact Assessment Updates (2022–2025). Nairobi, 2025.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ В МІСТОБУДУВАННІ

Отрош В. Ю.¹,

Рашкевич Н. В.¹, PhD,

Михайлюк Г. О.², д.юрид.н., професор

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Верховна Рада України

У сучасних умовах розвитку урбанізованих територій питання екологічної та техногенної безпеки міст актуальні. Інтенсивна забудова, зростання антропогенного навантаження на довкілля, а також наслідки воєнних дій зумовлюють необхідність удосконалення підходів до планування та розвитку міської інфраструктури. Одним із завдань є впровадження принципів сталого розвитку у містобудівній діяльності, що передбачає врахування екологічних, інженерних та безпекових факторів під час проектування та реконструкції територій.

У дослідженнях зазначається, що формування екологічно безпечного міського середовища передбачає врахування впливу забудови на стан атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів, а також створення умов для мінімізації техногенного навантаження на довкілля [1]. Раціональне планування територій дозволяє знизити негативний вплив промислових та транспортних об'єктів на житлові зони та забезпечити більш комфортні умови проживання населення.

Окремим напрямом досліджень є питання трансформації міської інфраструктури у процесі післявоєнної відбудови. У зв'язку з руйнуванням значної кількості об'єктів житлової та виробничої інфраструктури виникає необхідність розроблення нових підходів до відновлення міст із урахуванням принципів безпеки та енергоефективності. У наукових роботах наголошується, що післявоєнна реконструкція повинна передбачати не лише відновлення зруйнованих будівель, а й модернізацію міських систем інженерного забезпечення, підвищення їх стійкості до надзвичайних ситуацій та адаптацію до сучасних вимог сталого розвитку [2].

Важливим фактором забезпечення надійності будівель і споруд є дослідження властивостей ґрунтів та їх впливу на стійкість фундаментів. Установлено, що хімічна активність ґрунтів може впливати на довговічність будівельних конструкцій, зокрема спричиняти корозійні процеси та поступове руйнування матеріалів фундаментів. У роботах зазначається, що врахування фізико-хімічних характеристик ґрунтового середовища на етапі проектування дозволяє підвищити надійність будівель та запобігти виникненню аварійних ситуацій у процесі експлуатації споруд [3].

Не менш важливим є вдосконалення принципів планування житлових груп та будівель. Раціональне формування житлових кварталів має забезпечувати не лише комфортні умови проживання населення, а й відповідати вимогам безпеки, енергоефективності та екологічної доцільності. Дослідження показують, що оптимальне планування житлових груп повинно враховувати транспортну доступність, інсоляцію будівель, наявність зелених зон, а також можливість ефективної організації систем інженерного забезпечення [4].

Сучасні тенденції розвитку будівельної галузі також пов'язані з упровадженням ресурсозберігаючих технологій та повторним використанням відходів у будівництві. Одним із перспективних напрямів є застосування відходів паперової промисловості як теплоізоляційних матеріалів. Дослідження фізико-хімічних властивостей таких матеріалів

свідчать про можливість їх використання у будівельних конструкціях для підвищення енергоефективності будівель [5, 6]. Використання вторинної сировини дозволяє зменшити обсяги промислових відходів та сприяє формуванню екологічно орієнтованої будівельної галузі.

Таким чином, забезпечення екологічної та техногенної безпеки у містобудуванні потрібне базуватись на поєднанні раціонального планування територій, підвищення стійкості міської інфраструктури та врахування інженерно-екологічних факторів. Одним із напрямів є модернізація міських систем у процесі післявоєнної відбудови, підвищення надійності будівельних конструкцій з урахуванням властивостей ґрунтів, а також впровадження ресурсозберігаючих технологій. Використання вторинних матеріальних ресурсів, зокрема відходів, сприяє підвищенню енергоефективності будівель та зменшенню негативного впливу на довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош В. Ю., Рашкевич Н. В. Питання екологічної безпеки в містобудуванні : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів : студент. й шкіл. секція». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 143–144. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17700>
2. Отрош В. Ю., Рашкевич Н. В. Трансформація інфраструктури міста в рамках післявоєнної відбудови : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків : НУЦЗ України, 2024. С. 75–76. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20185>
3. Отрош В. Ю., Рашкевич Н. В. Дослідження впливу хімічної активності ґрунтів на стійкість фундаментів : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків : НУЦЗ України, 2024. С. 75. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20508>
4. Отрош В. Ю., Рашкевич Н. В. Сучасні підходи планування житлових груп та будівель : матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах». Харків : НТУ «ХП», 2024. С. 105–107. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/23239>
5. Мотченко А. Ю., Отрош В. Ю., Рашкевич Н. В. Використання відходів паперової промисловості в якості теплоізоляційного матеріалу : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Черкаси : НУЦЗ України, 2025. С. 425. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25023>
6. Мотченко А. Ю., Отрош В. Ю., Рашкевич Н. В. Аналіз фізико-хімічних властивостей паперових відходів для повторного використання в будівництві : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Черкаси : НУЦЗ України, 2025. С. 404–405. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/26063>

МЕХАНІЗМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ ПІД ВПЛИВОМ РУЙНУВАНЬ, ІНФЛЯЦІЇ ТА БЛЕКАУТІВ

Паламарчук В. Є.

Миколаївський національний аграрний університет

Завдані аграрному сектору України збитки внаслідок активної фази воєнних дій оцінюються в багатомільярдних сумах, що суттєво трансформує економічні умови функціонування галузі. Військова агресія російської федерації зумовила появу масштабних ризиків, які істотно знизили рентабельність агровиробництва та поставили під загрозу економічну стійкість значної частини агробізнесу. Незважаючи на наявні заходи підтримки, реальний стан багатьох сільськогосподарських виробників характеризується критичною фінансовою напруженістю та труднощами в забезпеченні безперервності діяльності.

Систематичні ракетні удари по території України спричиняють значні перебої в електропостачанні, що безпосередньо впливає на функціонування ключових секторів сільського господарства. У птахівництві, зокрема, вимушені відключення електроенергії призводять до скорочення обсягів виробництва [1, с. 429]. Підприємства, що спеціалізуються на заморожуванні ягід, змушені здійснювати релокацію продукції до Польщі або її перерозподіл між регіонами України з метою мінімізації втрат.

Молокопереробні компанії намагаються компенсувати енергетичні ризики шляхом самостійного придбання генераторів, однак потреба в обладнанні високої потужності робить такі інвестиції фінансово обтяжливими навіть для економічно успішних підприємств. Аналогічна ситуація спостерігається у виробників та переробників свинини, які змушені створювати резервні джерела енергії для підтримання виробничих процесів.

Особливу актуальність набувають проблеми роботи елеваторів, функціонування яких критично залежить від стабільного енергопостачання [2, с. 314]. Нездатність забезпечити безперервність їхньої роботи становить загрозу збереженню зернових запасів та може створити передумови для поглиблення продовольчої кризи в державі. Енергетична нестабільність у поєднанні з воєнними ризиками формує комплексні ризики для аграрної галузі, потребуючи системних рішень на державному та галузевому рівнях.

В південних і східних регіонах держави сільські виробники опинилися на межі повної економічної кризи, оскільки значна частина з них зазнала пошкодження або повного знищення техніки, виробничих потужностей та господарських приміщень. У ряді випадків урожай було спалено внаслідок бойових дій або він продовжує псуватися на полях через неможливість його збирання. Додатковим ускладнювальним фактором є дія воєнного стану та суттєві бюджетні обмеження, що призвели до відсутності прямої фінансової підтримки аграрного сектору. Незважаючи на критичні умовини, аграрії продовжують докладати зусиль для збереження власних господарств та відновлення виробничої діяльності, використовуючи доступні внутрішні ресурси та адаптаційні можливості [3, с. 131].

Ось кілька конкретних прикладів по Миколаївській області, які ілюструють, як війна вплинула на аграріїв регіону. Фермер із села Квітневе після обстрілів у перші місяці повномасштабного вторгнення майже повністю втративши техніку, через що 2022 року не зміг обробити землю. Вціліли лише трактор та обприскувач. Лише у 2023 році за підтримки благодійників розпочалося відновлення розтрощеного господарства. Господарство із с. Новомиколаївка, де обробляють близько 2 500 гектарів, після активних бойових дій у 2022-му вимушено було повністю зупинити діяльність. Демінування та

загрязнення полів мінною загрозою призвели до втрати врожаю на частині площ [4, с. 65]. У квітні 2025 року склад для зерна був знову вражений ударом дрону - обсяги збитків оцінили приблизно у 6 мільйонів гривень.

За підсумками 2022 року аграрії Миколаївщини втратили близько 40% урожаю через військову агресію, що значно підірвало виробничі показники. У 2025 році через затяжну посуху регіон пережив катастрофічні втрати, майже весь урожай кукурудзи і приблизно половину насіння соняшнику було втрачено [5, с. 46].

Хоча у 2025 році загальна площа посівів у Миколаївській області майже сягнула докового рівня, понад 1.4 млн га, деякі ділянки не засіяні через те, що залишаються замінованими або не пройшли сертифікованого розмінування. Частина земель досі небезпечна для обробки. Ці приклади демонструють, як поєднання збройних обстрілів, знищеної техніки, втрати врожаю, мінної загрози та природних викликів (посуху) створили критичну ситуацію для агробізнесу на Миколаївщині.

Отже, збереження продуктивності аграрних підприємств у кризових умовах ґрунтується на системному підході до управління ризиками, який включає технологічну модернізацію, автономізацію енергетичних процесів, підвищення фінансової гнучкості та адаптивність організаційної структури. Саме комплексне поєднання цих механізмів формує основу для довгострокової стійкості аграрного виробництва та мінімізації негативного впливу зовнішніх деструктивних факторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Піндера М. В. Контроль та управління безпечністю харчових продуктів: тези доповідей IV міжнар. наук. практ. конф. «Актуальні проблеми та перспективи розвитку агропродовольчої сфери, індустрії гостинності та торгівлі». Харків : Державний біотехнологічний ун-т., 2025. С. 428–430. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/22771>
2. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв: МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>
3. Сухорукова А. Л. Особливості трудових відносин у сільському господарстві: теоретико-практичний аналіз. *Modern Economics*. 2025. № 51(2025). С. 130–136. DOI: 10.31521/modecon.V51(2025)-16
4. Курепін В. М. Іваненко В. С. Застосування цифрових технологій у сільському господарстві для досягнення цілей сталого розвитку. *Modern Economics*. 2024. № 47(2024). С. 62–69. DOI: 10.31521/modecon.V47(2024)-09.
5. Курепін В. М., Лимар О. О. Оцінка стану кадрової безпеки аграрних підприємств за допомогою відповідних індикаторів діяльності (in English). *Modern Economics*. 2024. № 43(2024). С. 41–50. DOI: 0.31521/modecon.V43(2024)-06.

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННОГО ВПЛИВУ НА РІЧКУ ОСКІЛ ТА НАПРЯМИ ЇЇ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ

Педан А. В.,

Рибка Є. О., д.т.н., професор

Національний університет цивільного захисту України

Річка Оскіл є елементом водної інфраструктури Сходу України, що забезпечує водопостачання, підтримання екологічної рівноваги та функціонування природних і антропогенних екосистем регіону. В умовах воєнного впливу, зокрема внаслідок руйнування греблі Оскільського водосховища та тривалих активних бойових дій, гідрологічний режим річки зазнав трансформацій. Це проявляється у різкому зниженні рівня води, фрагментації руслових потоків, зміні швидкісних характеристик течії та порушенні природних процесів самоочищення. Такі зміни спричиняють руйнування водної екосистеми, яку доцільно розглядати через призму концепції «старіння» річки, що охоплює морфологічні, хімічні та біологічні трансформації.

Аналіз сучасних наукових досліджень свідчить, що водні екосистеми в умовах воєнних дій піддаються багатофакторному техногенному навантаженню, яке включає фізичне руйнування гідротехнічних споруд, хімічне забруднення продуктами згоряння та детонації, а також вторинні процеси деградації, пов'язані з порушенням природних біогеохімічних циклів [1, 2]. У роботі [3] доведено ефективність використання сучасних інформаційних технологій, зокрема QR-орієнтованих систем та дистанційного моніторингу, для оперативного збору та візуалізації даних про стан водних об'єктів у зонах обмеженого доступу. Дослідження [4] підкреслює важливість ранньої діагностики небезпечних процесів у водному середовищі для запобігання надзвичайним ситуаціям, що є особливо актуальним у контексті післявоєнної відбудови. У працях [1, 2] запропоновано математичні моделі оцінювання впливу ракетно-артилерійських уражень на стан ґрунтових і поверхневих вод, які враховують просторово-часову динаміку забруднення та можуть бути адаптовані для басейнового аналізу річки Оскіл. Результати, наведені у [5], демонструють прямий зв'язок між рівнем забруднення водного середовища та станом здоров'я населення, що підсилює соціально-екологічну значущість дослідження. Монографія [6] систематизує сучасні методи ідентифікації водних розчинів і техногенних домішок, які можуть бути використані для підвищення достовірності польових вимірювань, тоді як у роботі [7] розглянуто закономірності динаміки поверхневого забруднення, що підтверджує необхідність довготривалого моніторингу.

Метою дослідження є ідентифікація ознак деградації річки Оскіл унаслідок воєнного впливу та розроблення науково обґрунтованого комплексу заходів її екологічної ревіталізації. Для досягнення поставленої мети запропоновано матрицю індикаторів «старіння», яка охоплює гідроморфологічні, хімічні та біологічні параметри. Гідроморфологічні індикатори включають зниження швидкості течії на окремих ділянках, що сприяє накопиченню донних відкладень і замуленню русла, а також обміління прибережних зон, що змінює структуру біотопів. Хімічні показники характеризуються підвищенням концентрацій біогенних елементів, зокрема азоту та фосфору, що призводить до процесів евтрофікації, а також наявністю специфічних техногенних забруднювачів – нафтопродуктів, важких металів і продуктів детонації боєприпасів. Біологічні індикатори проявляються у масовому розвитку синьо-зелених водоростей («цвітінні» води), зміні видового складу іхтіофауни з домінуванням лімнофільних видів, а також у заростанні русла вищою водною рослинністю, що є типовою ознакою стагнації водного середовища.

Методологія дослідження базується на інтеграції дистанційних, польових і лабораторних методів, що забезпечує оцінювання стану водної екосистеми. Дистанційний моніторинг передбачає використання мультиспектральних супутникових знімків (зокрема Sentinel-2) для розрахунку індексів NDVI та NDWI, які дозволяють оцінити ступінь заростання русла, інтенсивність фотосинтетичної активності та площі «цвітіння» води. Порівняльний аналіз архівних і сучасних зображень дає змогу визначити динаміку змін водного дзеркала, виявити новоутворені руслові структури та оцінити масштаби деградації. Фізико-хімічний блок досліджень включає відбір проб води на безпечних ділянках вище та нижче за течією від зруйнованих об'єктів із подальшим визначенням вмісту важких металів (свинець, кадмій), залишків вибухових речовин та нафтопродуктів. Додатково здійснюється оцінка прозорості води за допомогою диска Секкі та вимірювання концентрації розчиненого кисню портативними оксиметрами, де зниження показників нижче 4–5 мг/дм³ свідчить про розвиток анаеробних процесів і деградацію екосистеми. Використання портативних рефрактометрів дозволяє оперативно визначити рівень мінералізації та виявляти аномальні домішки. Біологічна індикація передбачає аналіз макрзообентосу як чутливого індикатора якості води, де домінування олігохет свідчить про високий рівень органічного забруднення, а також оцінку стану вищої водної рослинності, зокрема поширення *Lemna minor* та *Ceratophyllum*, що вказує на надлишок біогенних елементів.

На основі отриманих результатів обґрунтовано комплекс заходів з відновлення річкової екосистеми, який включає природоорієнтовані рішення, гідротехнічні втручання та заходи еко-менеджменту в умовах воєнних ризиків. Природоорієнтовані заходи передбачають створення біоплато у гирлах приток для природної фільтрації забруднених стоків, а також впровадження фітореMediaції шляхом висадження деревних порід (верба, вільха), що сприяють зміцненню берегів, зменшенню ерозійних процесів і затіненню водної поверхні, що, у свою чергу, знижує інтенсивність «цвітіння» води. Гідротехнічні заходи включають деблокування підземних джерел для забезпечення притоку холодної, насиченої киснем води, а також облаштування штучних кам'янистих переكاتів, які сприяють пасивній аерації водного потоку. В умовах воєнних ризиків доцільним є впровадження режиму обмеженого втручання на окремих територіях (зони природної регенерації), що дозволяє екосистемам відновлюватися природним шляхом, а також створення мережі автоматизованих постів моніторингу для оперативного виявлення залпових викидів забруднюючих речовин.

Очікується, що реалізація запропонованих заходів забезпечить зниження рівня евтрофікації на 15–25 %, стабілізацію кисневого режиму водного середовища, покращення гідрологічних характеристик річки та поступове відновлення біорізноманіття, включаючи повернення аборигенних видів риб і відновлення заплавних екосистем. Крім того, відновлення гідрологічного балансу сприятиме підвищенню рівня ґрунтових вод і покращенню водозабезпечення прибережних територій, що має важливе соціально-економічне значення.

Таким чином, запропонована модель емпіричного дослідження річки Оскіл дозволяє сформулювати цілісне уявлення про масштаби та характер екологічної деградації в умовах воєнного впливу та забезпечує наукове підґрунтя для переходу до практичної реалізації заходів ревіталізації. Відновлення річки Оскіл слід розглядати не лише як екологічне завдання, а як стратегічний напрям забезпечення водної та екологічної безпеки регіону в післявоєнний період, що вимагає інтеграції наукових, технічних і управлінських підходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І., Вовчук Т. С. Формування математичної моделі аналізу небезпечного впливу на стан ґрунтових вод міських агломерацій від ракетно-

артилерійських уражень. Комунальне господарство міст. 2024. Том 1, вип. 182. С. 229–240. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-229-240.

2. Рашкевич Н. В., Краснов В. А., Рашкевич О. С. Теорія і практика розробки інтегрованої моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених територіях. Техногенно-екологічна безпека. 2025. Т. 18, № 2. С. 23–33. DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.3.

3. Вовчук Т., Лобойченко В., Рашкевич Н., Шевченко О., Шевченко Р. Формування інформаційної QR-технології моніторингу стану поверхневих вод на територіях, які постраждали внаслідок бойових дій. Scientific foundations in research in Engineering : collective monograph. Boston : Primedia eLaunch, 2022. С. 357–368. DOI: 10.46299/ISG.2022.MONO.TECH.2.

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. 2023. Том 7, № 2. С. 193–216. DOI: 10.31731/2524.2636.2023.7.2.193.216.

5. Рашкевич Н. В., Шевченко О., Крадожон В., Гузь А. Дослідження факторів впливу забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на здоров'я населення в зоні бойового ураження об'єктів укриття. Social Development and Security. 2026. Vol. 16, № 1. С. 201–216. DOI: 10.33445/sds.2025.16.1.15.

6. Лобойченко В. М., Дівізінюк М. М., Шевченко Р. І., Федорчук-Мороз В. І., Рашкевич Н. В. Методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного та медико-біологічного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за використання ідентифікації водних розчинів : монографія. Луцьк : Вежа-Друк, 2025. 324 с.

7. Рашкевич Н. В., Цитлішвілі К. О. Дослідження динаміки поверхневого забруднення водного середовища. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : збірник наукових статей XVII Міжнародної науково-практичної конференції. Харків, 2021. С. 152–156.

РОЛЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ ТА ВІДДАНОСТІ ЗЕМЛІ У ФОРМУВАННІ МОТИВАЦІЇ АГРАРІЇВ ПІД ЧАС ВІЙНИ

Пеліхатий А. В.

Миколаївський національний аграрний університет

Військовий стан формує комплекс додаткових загроз для діяльності аграрного сектору, зокрема пов'язаних із підвищеною небезпекою обстрілів, поширенням мінної загрози та істотним психологічним виснаженням працівників. За таких умов особливого значення набуває збереження високого рівня ситуаційної пильності, навіть коли трудові процеси мають звичний характер. У цьому контексті психологічні аспекти безпеки та поведінкові реакції персоналу в ризикованих виробничих ситуаціях стають критично важливими для забезпечення безпечного функціонування аграрних підприємств.

Регулярне здійснення поведінкового аудиту є дієвим механізмом оцінювання реального дотримання працівниками норм та процедур охорони праці, що дозволяє своєчасно ідентифікувати небезпечні моделі поведінки до того, як вони можуть трансформуватися у виробничі інциденти. Водночас урахування психології ризику дає змогу пояснити, чому персонал іноді схильний до свідомого чи невідомого порушення вимог безпеки. На такі відхилення впливають поспіх, сформована звичка, орієнтація на попередній досвід [1, с. 96], а також підвищений рівень стресу чи фізичної та емоційної втоми.

У ситуації воєнного стану питання підтримання безпечної поведінки працівників, їх психологічної стійкості та здатності адекватно реагувати на загрози набувають визначального значення для мінімізації ризиків та забезпечення безперервності аграрного виробництва.

Підвищення рівня готовності персоналу до дій у кризових ситуаціях потребує системного підходу, який включає цілеспрямовані інструктажі з акцентом на поведінкові аспекти безпеки та алгоритми реагування на небезпечні події. Важливо формувати відкриту комунікативну атмосферу, в якій працівники не лише поінформовані про потенційні ризики, а й готові повідомляти про порушення без страху негативних наслідків.

Доцільним є залучення фахівців із психології та охорони праці для підтримання сприятливого психологічного клімату, спостереження за змінами в емоційному стані працівників та вчасного реагування на прояви втоми, стресу чи тривожності, які можуть знижувати їхню здатність приймати раціональні рішення. У таких умовах безпечна поведінка постає не лише як дотримання встановлених норм, а як елемент організаційної культури [2, с. 332], заснованої на довірі, взаємній підтримці та відповідальності.

Піклування про психологічне благополуччя працівників слід розглядати як ключовий фактор забезпечення стабільної продуктивності, збереження життя та здоров'я персоналу, а також як стратегічну передумову сталого розвитку аграрного сектору України в умовах воєнних викликів.

У воєнних умовах, коли стабільність набуває ознак дефіциту, аграрний сектор є одним із ключових символів суспільної стійкості [3, с. 332]. Представники сільськогосподарських підприємств не лише забезпечують продовольчу безпеку, а й відтворюють в громадській свідомості образ непохитності та віри у майбутнє розвиток країни.

Стійкість аграріїв виявляється у здатності продовжувати професійну діяльність за умов постійної невизначеності, підвищених ризиків та зовнішніх загроз. Їхня щоденна робота демонструє готовність підтримувати безперервність виробничих процесів, попри складні та часто непередбачувані обставини.

Військовий стан актуалізує потребу у швидкій адаптації до трансформованих економічних та безпекових реалій [4, с. 427]. Це може передбачати перегляд структури посівів, коригування технологій обробітку ґрунту або оптимізацію використання наявних ресурсів з метою збереження та підвищення врожайності. У таких умовах важливу роль відіграють професійний досвід, гнучкість мислення та здатність фермерів приймати ефективні управлінські рішення навіть за обмеженої інформації [5, с. 66].

Мотиваційні фактори діяльності аграріїв суттєво пов'язані з їхньою глибокою відданістю землі, яка часто становить важливий елемент індивідуальної та родової ідентичності. Земля сприймається не лише як ресурс, а як складова історичної спадщини та основа життєздатності місцевих громад. Саме відчуття відповідальності за збереження цього спадку та забезпечення продовольчої стабільності є одним із ключових стимулів продовження роботи навіть у ситуаціях підвищеної особистої небезпеки.

Таким чином, діяльність аграріїв у воєнний період є виявом високого рівня професійної та громадянської стійкості, що має важливе значення для підтримання національної безпеки та соціальної стабільності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Марченко Д. Д. Адаптація молодих спеціалістів-менеджерів в умовах цифровізації кадрової політики об'єктів господарювання. *Modern Economics*. 2025. № 50(2025). С. 95–102. DOI: 10.31521/modecon.V50(2025)-13.

2. Іваненко В. С. Інструментарій стратегічного управління персоналом у сільському господарстві: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених «Глокалізаційні аспекти інноваційного розвитку економіки». Одеса : ОНЕУ, 2025. С. 332–334. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/22739>

3. Сухорукова А., Житняковська А. Менеджмент і маркетинг в умовах турбулентності: адаптація до нової парадигми економічного розвитку: матеріали III всеукраїнської наукової конференції студентів та молоді «Проблематика і перспективи сталого розвитку України в аспекті синергії інтеграції економіки, бізнесу та HR-інжинірингу». Хмельницький: ХНУ 2025. С. 457–459. URL: [tps://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/22289](https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/22289)

4. Курепін В. М., Курепін Д. В., Іваненко В. С. Цивільний захист: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти. Миколаїв: МНАУ, 2025. 491 с. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20130>

5. Курепін В. М., Іваненко В. С. Застосування цифрових технологій у сільському господарстві для досягнення цілей сталого розвитку. *Modern Economics*. 2024. № 47(2024). С. 62–69. DOI: 10.31521/modecon.V47(2024)-09

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ ВІД ТРАНСПОРТУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТА БЕЗПЕКУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

*Петрищев А. С., к.т.н., доцент,
Кравченко Н. Ю.*

Національний університет «Запорізька політехніка»

Внесок окремих видів транспортних засобів в забруднення атмосфери, в середньому, наступний: автомобільний – 85 %; морський та річковий – 5,3 %; повітряний – 3,7 %; залізничний – 3,5 %; сільськогосподарський – 2,5 % [1]. Тобто автомобільний транспорт є найбільш небезпечний для навколишнього середовища. В процесі експлуатації автомобільного транспорту який у процесі в атмосферу викидається оксид вуглецю (CO), діоксид вуглецю (CO₂), оксиди азоту (NO_x), двоокис сірки (SO₂), озон, бензол, важкі метали, а також дрібнодисперсійні тверді частинки [2]. Вихлопні гази накопичуються у нижніх шарах атмосфери, тобто шкідливі речовини знаходяться в зоні дихання людини. Тому автомобільний транспорт у всьому світі відносять до категорії найнебезпечніших джерел забруднення повітря поблизу автомагістралей [3].

Виходячи із цього актуальним є визначення специфічних особливостей забруднення від автомобільного транспорту та шляхів щодо зменшення негативного впливу такого забруднення.

Забруднення повітря від автомобіля йде по трьох каналах: 1) відпрацьовані гази, що викидаються через вихлопну трубу (65 %); 2) гази картерів (20 %); 3) вуглеводні в результаті випаровування палива з бака, карбюратора і трубопроводів (15 %) [2]. Викид токсичних речовин у відпрацьованих газах автомобілів збільшується в декілька разів при неправильно відрегульованому карбюраторі, системі запалювання, форсунках, паливному насосі високого тиску, а також при несправностях системи випуску відпрацьованих газів [4]. Забруднення поверхні землі транспортними і дорожніми викидами накопичується поступово, в залежності від кількості автотранспорту, що проїжджає через трасу, дорогу, магістраль і зберігається дуже довго. Різні хімічні елементи, особливо метали, що накопичуються у ґрунтах, засвоюють рослини і через них по харчовому ланцюгу переходять в організм тварин і людини. Частина з них розчиняється і виноситься ґрунтовими водами, потім потрапляє в ріки, водойми і вже через питну воду може потрапити у людський організм [3].

Латвійські вчені встановили, що біля проїзної частини на глибині 5–10 см концентрація металів менша, ніж на поверхні ґрунту. Найбільше викидів накопичується на відстані 7–15 метрів від краю проїжджої частини, через 25 м концентрація знижується приблизно удвічі, а через 100 м наближається до норми. Також варто звернути увагу на те, що із загальної кількості викидів 25 % залишається на самому дорожньому полотні, а решта 75 % осідають на прилеглий території [3]. Для зменшення негативного впливу забруднення від транспорту у США будують захисні смуги шириною 100 м з обох боків магістралі чи дороги, де дуже інтенсивний рух транспорту. За 10 років експлуатації такої дороги у її захисних смугах на кожному метрі акумулюється до 3 кг свинцю. У Голландії дозволено використовувати під посіви землю, яка знаходиться на відстані 150 м і далі від дороги, оскільки там дослідили, що у межах 150 м від магістралі у рослинах накопичується в середньому від 5 мг/кг до 200 мг/кг свинцю [3]. Ефективним заходом щодо зниження шкідливого впливу автомобільного транспорту на городян є організація пішохідних зон з повною забороною в'їзду транспортних засобів на житлові вулиці. Менш ефективно, але більш реальне заход – це запровадження системи перепусток, що дають право на в'їзд в пішохідну зону тільки деяким автомобілям. При цьому повинен

бути повністю виключений наскрізний проїзд автотранспорту через житловий квартал [2].

Для зниження шкідливого впливу автомобільного транспорту авторами можуть бути запропоновані наступні заходи [2]:

– вдосконалення конструкції автомобілів з точки зору токсичності (конструкції фільтрів, спеціальних нейтралізаторів);

– підвищення рівня технічного обслуговування (правильне регулювання паливної системи автомобіля) та вдосконалення систем і методів контролю за технічним станом машин;

– відмова від використання етилованого бензину, переклад бензинових автомобілів на інші види палива (газ, біопаливо та інші);

– створення нових, «чистих» з екологічної точки зору автомобілів (електромобіль, гібридний автомобіль, сонячний електричний автомобіль, автомобіль з інерційним двигуном, тобто в якості накопичувача енергії використовується не акумулятор, а маховик).

Пріоритетними напрямками підвищення екологічної безпеки автомобіля на всіх стадіях його життєвого циклу є [4]:

– різні способи зменшення викидів токсичних компонентів у навколишнє середовище;

– на всіх стадіях життєвого циклу автомобіля використання шкідливих матеріалів і спеціальних рідин повинно бути мінімальним;

– своєчасне технічне обслуговування і точне регулювання системи запалювання та живлення двигунів внутрішнього згоряння;

– зниження шкідливого впливу токсичних речовин на навколишнє середовище в процесі експлуатації за рахунок впровадження новітніх систем нейтралізації шкідливих викидів;

– покращення екології великих міст за рахунок виконання вимог екологічного законодавства, заборони будівництва у центрі міст автостоянок, контролю зведення автозаправних станцій у межах міста, будівництво об'їзних доріг, припинення масового вирубування дерев і паркових насаджень, розроблення шумового захисту і стимулювання екологічно безпечного транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуренкова О. В. Можливі шляхи вирішення екологічних проблем міського транспорту. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 1 (242). С. 45–49.

2. Сербенюк Г. А. Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище в межах транспортної системи Вінницької області. Молодий вчений, 2018. № 8 (60). С. 223–227.

3. Майорова І. М., Згара В. О. Сучасні екологічні проблеми автомобільного транспорту. Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». Тернопіль, 16-17 листопада 2017, С. 55–56.

4. Русіло П. О., Костюк В. В., Афонін В. М. Вплив на довкілля автомобільного транспорту на всіх стадіях його життєвого циклу. Науковий вісник НЛТУ України. 2008. № 18.3. С. 85–89.

ПРО РОЗРОБЛЕННЯ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ НА КАСКИ ПОЖЕЖНИКА ТА РЯТУВАЛЬНИКА

*Присяжнюк В. В., к.т.н., ст. дослідник,
Семичаєвський С. В.,
Осадчук М. В.,
Якіменко М. Л.,
Свірський В. В.,
Тимошенко О. М.*

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

На сьогоднішній день для виконання завдань за призначенням пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України використовується низка різного (як за технічними характеристиками так і за типом) спеціального захисного спорядження пожежника, до якого відноситься: захисний одяг пожежника різних типів та видів залежно від теплового навантаження, каска пожежника, каска рятувальника, підкасник, захисне взуття та захисні рукавички для пожежників.

Одними із важливих видів захисного спорядження пожежника є каски пожежника та рятувальника. Каска пожежника застосовується під час гасіння пожеж у будинках та інших об'єктах будівництва для захисту голови пожежників від ударів, впливу небезпечних чинників пожежі та вогнегасних речовин. Каска рятувальника застосовується для захисту голови рятувальників, переважно від механічних небезпек під час проведення рятувальних робіт, що виконуються в різних умовах та середовищах, зокрема під час дорожньо-транспортних пригод, залізничних інцидентів, а також під час розбирання завалів. Рятувальні роботи, можуть виконуватися протягом тривалого часу після виникнення стихійних лих, зокрема повеней, землетрусів тощо.

Загальний вигляд касок пожежника та рятувальника різних виробників наведено на рисунках 1 та 2 відповідно.



Рисунок 1 – Загальний вигляд касок пожежника різних виробників



Рисунок 2 – Загальний вигляд касок рятувальника різних виробників

Нині в Україні є чинними два національних стандарти, що встановлюють технічні вимоги та методи випробувань до касок пожежника та рятувальника відповідно, а саме: ДСТУ EN 443:2017 [1] та ДСТУ EN 16473:2017 [2].

Практика застосування цих національних стандартів виявила низку недоліків, які стосуються складнощів розуміння вимог зазначених вище нормативних документів, зважаючи на прийняття їх методом «підтвердження» (обкладинки) та відсутності загальноприйнятої термінології у цій галузі, що ускладнює їх імплементацію у практичну діяльність.

Вищезазначене обумовлює актуальність розроблення методом перекладу національних стандартів, що встановлюватиме технічні вимоги та методи випробувань до каски пожежника та рятувальника відповідно до європейської класифікації.

В рамках науково-дослідної роботи «Захисне спорядження - вимоги» на теперішній час в Інституті наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України розроблено остаточні редакції проєктів національних стандартів ДСТУ EN 443:20 Каска пожежника (EN 443:2008, IDT) та ДСТУ EN 16473:20 Каска рятувальника (EN 16473:2014, IDT).

Проєкт національного стандарту ДСТУ EN 443:20 Каска пожежника встановлює мінімальні вимоги до касок пожежника, які захищають верхню частину голови переважно від впливу удару, проникнення гострого предмета, а також підвищеної температури та полум'я під час гасіння пожеж у будинках та інших об'єктах будівництва.

Проєкт національного стандарту ДСТУ EN 16473:20 Каска рятувальника встановлює мінімальні вимоги до касок рятувальника, призначених для захисту верхньої частини голови переважно від механічних небезпек, зокрема ударів, проникнення гострих предметів, а також від впливу полум'я, електричних і хімічних небезпек під час проведення рятувальних та пов'язаних із ними робіт.

Головна відмінність двох національних стандартів полягає у тому, що стандарт на каску пожежника встановлює переважно технічні вимоги та методи випробувань, які пов'язані із впливом на каску теплофізичних небезпек, таких як підвищеної температури та полум'я.

В той же час стандарт на каску рятувальника встановлює переважно технічні вимоги та методи випробувань, які пов'язані із впливом на каску механічних небезпек, зокрема ударів, проникнення гострих предметів.

Стандарт на каску пожежника встановлює такі технічні вимоги:

- амортизація удару;
- стійкість до проникнення гострого предмета;
- ефективність натяжної системи;
- міцність натяжної системи;
- теплове випромінювання;
- захист від нагрітих твердих предметів;
- захист від розплавлених металів;
- термостійкість;
- стійкість до дії полум'я;
- електроізоляційні властивості;
- стійкість до контактування з рідкими хімічними речовинами;
- поле зору;
- захист ділянок голови.

Стандарт на каску рятувальника встановлює такі технічні вимоги:

- амортизація удару;
- захист від високошвидкісних частинок;
- стійкість до проникнення гострого предмета;
- ефективність натяжної системи;

- міцність натяжної системи;
- стійкість до дії полум'я;
- стійкість до дії поперечного стискання;
- термостійкість;
- поле зору;
- електроізоляційні властивості;
- стійкість до контактування з рідкими хімічними речовинами;
- ергономічні властивості.

Впровадження цих стандартів дозволить проводити випробування, за результатами яких оцінювати придатність щодо безпечної експлуатації касок пожежника та рятувальника в пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України та сприятиме збереженню життя та здоров'я особового складу цих підрозділів під час виконання завдань за призначенням завдяки підвищенню якості зазначеної продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 443:2017 Засоби індивідуального захисту голови. Каски пожежні EN 443:2008, IDT). [Чинний 2018-02-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2018. 41 с.
2. ДСТУ EN 16473:2017 Каски пожежні. Каски для технічного порятунку (EN 16473:2014, IDT). [Чинний 2017-12-22]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 24 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ КОНТРОЛЮ ЕРГОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗАХИСНОГО СПОРЯДЖЕННЯ ПОЖЕЖНИКА

*Присяжнюк В. В., к.т.н., ст. дослідник,
Семичаєвський С. В.,
Якіменко М.Л.*

*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України*

Для виконання завдань за призначенням пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС України використовують спеціальне захисне спорядження з різними захисними властивостями. Під час його вибору не враховуються небезпечні фактори, що визначені в [1], які можуть виникнути під час гасіння пожеж, а також умови його застосування та ергономіку тому існуюче спорядження не може в повній мірі гарантувати безпеку під час виконання небезпечних завдань. Ергономічні якості захисного спорядження являються не менш важливими за захисні властивості і допомагають оцінити, наскільки спорядження відповідає анатомічним та фізіологічним особливостям людини, забезпечує свободу рухів, мінімізує втому та ризик травм під час виконання складних і небезпечних завдань.

Основною метою проведення ергономічних випробувань є: оцінка комфорту та зручності, визначення впливу на працездатність, оцінка теплового комфорту, аналіз розподілу ваги, виявлення обмежень зору та слуху, перевірка сумісності з іншим спорядженням та оцінка впливу на психологічний стан.

Під час проведення ергономічних випробувань можливо визначити: наскільки спорядження обмежує рухи, тисне, натирає, створює дискомфорт, як впливає на швидкість та точність виконання завдань, на рівень втоми пожежника, здатність забезпечувати оптимальний тепловий баланс, відводити зайве тепло та вологу, наскільки рівномірно розподіляється вага спорядження, щоб уникнути надмірного навантаження на окремі частини тіла, чи не перешкоджає спорядження нормальному сприйняттю навколишнього середовища, наскільки легко спорядження взаємодіє з іншими елементами екіпіровки (наприклад, засобами індивідуального захисту органів дихання) та чи не викликає спорядження клаустрофобії, підвищеного стресу або інших негативних психологічних реакцій.

Під час перевірки захисного спорядження часто використовують методи, що імітують реальні умови роботи пожежників, включаючи виконання фізичних вправ, що дозволяють оцінити функціональність та комфорт спорядження.

Основні аспекти, що підлягають оцінці під час проведення ергономічних випробувань є такі: загальна вага спорядження та її вплив на мобільність та втому, наскільки спорядження обмежує згинання, розгинання, повороти, здатність матеріалів «дихати» та відводити вологу, захист від високих температур та можливість відведення тепла від тіла, відповідність спорядження антропометричним даним пожежників, швидкість та зручність одягання та знімання, особливо в екстремальних умовах, сумісність застосування з іншими елементами спорядження, чи дозволяє спорядження виконувати точні рухи, чи не знижує чутливість рук та чи не створює спорядження зайвого шуму, який може заважати спілкуванню або сприйняттю звуків.

Взагалі ергономічні випробування є безперервним процесом, що дозволяє виробникам постійно вдосконалювати захисне спорядження, роблячи його більш комфортним, безпечним та ефективним для пожежників.

Існуючі на сьогоднішній день в Україні національні стандарти встановлюють лише мінімальні технічні вимоги до такого спорядження, а також передбачають проведення випробувань на ергономічні показники якості як добровільними. В результаті цього

недоброякісна продукція потрапляє на оснащення у ці підрозділи. Тому для недопущення застосування такого неякісного захисного спорядження необхідно проаналізувати підходи та методи перевірки ергономіки, критерії їх оцінювання та запровадити в Україні обов'язкову комплексну оцінку готових виробів спеціального захисного спорядження шляхом проведення відповідних натурних випробувань.

На сьогоднішній день в Україні діє низка національних стандартів [2–6], які встановлюють технічні вимоги та методи випробувань у тому числі вимоги до перевіряння ергономічних показників якості захисного спорядження пожежника, як рекомендовані.

Ергономіка захисного спорядження пожежника вирішує низку критичних важливих питань, спрямованих на забезпечення максимальної ефективності та безпеки пожежників під час виконання свої обов'язків.

Практика застосування національних стандартів [2–6] виявила низку недоліків, що стосуються складнощів розуміння вимог зазначених вище нормативних документів, зважаючи на прийняття їх методом «підтвердження» та відсутності загальноприйнятих термінів у цій галузі. Вказане вище може призводити до недостатнього виявлення недоброякісної продукції, що потрапляє на оснащення у пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС України.

Вищезазначене обумовлює необхідність проведення дослідження, направлено на впровадження ергономічних натурних випробувань захисного спорядження пожежника в Україні відповідно до європейської класифікації.

Для сприяння у вирішенні зазначеної вище проблеми та з метою необхідності розроблення методології та впровадження в Україні ергономічних натурних випробувань захисного спорядження пожежника та розроблення відповідних національних стандартів України (ДСТУ), гармонізованих з європейськими стандартами, в Інституті наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України проводиться НДР за темою: «Обґрунтування технічних вимог та методів випробувань захисного спорядження пожежника відповідно до європейської класифікації» («Захисне спорядження - вимоги»).

Впровадження результатів роботи в подальшому дозволить проводити ергономічні випробування захисного спорядження пожежника, за результатами яких здійснювати оцінку відповідності спорядження анатомічним та фізіологічним особливостям людини та мінімізує втому і ризик отримання травм пожежно-рятувальними підрозділами під час виконання завдань за призначенням завдяки підвищенню якості захисного спорядження пожежника.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний 2020-01-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2019. 84 с.
2. ДСТУ EN 443:2017 Засоби індивідуального захисту голови. Каски пожежні (EN 443:2008, IDT). [Чинний 2018-02-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 41 с.
3. ДСТУ EN 16473:2017 Каски пожежні. Каски для технічного порятунку (EN 16473:2014). [Чинний 2018-02-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 24 с.
4. ДСТУ EN 659:2017 Захисні рукавички для пожежників. Загальні технічні вимоги та методи випробування (EN 659:2003+A1:2008, IDT). З поправкою № 1:2017. [Чинний 2018-02-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 12 с.
5. ДСТУ EN 13911:2015 Захисний одяг для пожежників. Вимоги та методи випробування протипожежних капюшонів для пожежників (EN 13911:2004, IDT). [Чинний 2016-01-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2015. 13 с.
6. ДСТУ EN 469:2017 Захисний одяг для пожежників. Вимоги щодо показників якості захисного одягу для пожежників (EN 469:2005; A1:2006; AC:2006, IDT). [Чинний 2019-01-01]. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 48 с.

ОЦІНКА СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ У ЗОНІ ДІЇ АВАРІЇ ЗА ІНТЕГРАЛЬНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Проскурнін О. А.¹, д.т.н., с.н.с.

Василенко С. Л.², д.т.н.

Комариста Б. М.³, к.т.н., доцент

Дем'янов О. О.⁴,

Крусір Г. В.⁵, д.т.н., професор,

Цапко Н. С.¹, к.т.н., доцент

¹НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,

²КП «Харківські теплові мережі»,

³НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»,

⁴Фізична особа-підприємець, м. Херсон,

⁵Одеський національний технологічний університет

З метою підвищення рівня екологічної безпеки потенційно небезпечних підприємств розробляються плани локалізації та ліквідації аварійних ситуацій та аварій (ПЛАС). ПЛАС регулює дії персоналу підприємства, підрозділів, населення, органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, але не регулює порядок контролю за станом компонентів навколишнього середовища, які можуть постраждати у разі аварії.

Для оцінки стану постраждалої частини водного об'єкту (ВО) доцільно використовувати інтегральні (у просторовому розумінні) показники, які розраховуються за даними про якість води в різних контрольних точках. Такі показники, на відміну від простих значень концентрацій, характеризують стан водного об'єкта на протяжній його частині. Оскільки у водоохоронному законодавстві відсутні затверджені нормативи значень інтегральних показників, пропонується зіставляти значення інтегрального показника до та після аварії.

Методичні положення щодо оцінки стану ВО на основі спостережень у різних пунктах контролю (ПК) розроблялися в Україні в 80-х роках ХХ століття. Одним з примірників інтегральних показників (ІП) у цьому сенсі є коефіцієнт забрудненості води [1]:

$$I = \frac{1}{K \cdot N} \sum_i^N \left(\sum_k^K \frac{1}{V_{kj}} \sum_v^{V_{kj}} u_{k_jv} \right), \quad (1)$$

де

$$u_{k_jv} = \begin{cases} C_{k_jv} / ГДК_j, & C_{k_jv} > ГДК_j, \\ 1, & C_{k_jv} \leq ГДК_j, \end{cases} \quad (2)$$

де N – кількість забруднюючих речовин, які присутні у воді; j, k, v – індекси відповідно речовини, пункту контролю та вимірювання; K - кількість ПК; $V_{j,k}$ - кількість вимірів j -го параметра у k -му ПК, $C_{k,j,v}$ – концентрація речовини у воді.

Дещо пізніше був запропонований показник стану ВО, що враховує відстані між ПК:

$$I = \frac{1}{L} \sum_{k=1}^{K-1} p_k \cdot l_k \quad (3)$$

де p_k – оцінка якості води (комплексна або спрощена) в k -му ПК; l_k – довжина ділянки річки між k і $k+1$ ПК; L – довжина ділянки річки, що розглядається.

Як легко бачити, формула (3) є розраховане методом прямокутників значення інтегралу:

$$I = \int_L p(l) dl . \quad (4)$$

Незважаючи на інформаційну змістовність інтегральних показників, практичне їх застосування залишається мінімальним. Вони не застосовуються для оцінки якості природної води в таких важливих прикладних задачах, як нормування скидання забруднюючих речовин зі стічними водами та оцінка впливу підприємств на довкілля. Також вони не застосовуються під час планування заходів щодо ліквідації наслідків аварій. Крім того, відсутні встановлені нормативи для значень інтегральних показників. Тому вони використовуються лише у рамках теоретичних досліджень.

Бачиться доцільним при плануванні заходів по ліквідації наслідків аварій використовувати ІІ, які розраховуються за формулою (3), тобто з урахуванням відстаней між ПК [2]. Як показник якості води в окремій точці можливо використовувати суму наведених до ГДК концентрацій речовин:

$$p = \sum_{j=1}^N \frac{C_j}{ГДК_j} . \quad (5)$$

Оскільки у законодавстві відсутні затверджені нормативи значень ІІ, пропонується наступне. У разі аварії, що призвела до забруднення ВО, зіставляти виміряне (або спрогнозоване) значення ІІ з ІІ, розрахованим за ретроспективними даними до аварії. Такі виміри повинні проводитися регулярно у рамках екологічного аудиту. Це дозволить розглядати значення інтегрального показника I як випадкову величину та визначити межі довірчого інтервалу $[I^-, I^+]$. Як надійність довірчого інтервалу, можливо взяти, наприклад, величину 95 %. Критерієм допустимої якості води за ІІ слід узяти умову:

$$I_a \leq I^+ , \quad (6)$$

де I_a – значення інтегрального показника (виміряне чи спрогнозоване) після аварії.

Висновок. Для оцінки ефективності заходів щодо ліквідації наслідків аварії, що призвела до забруднення водного об'єкта, доцільно використати ІІ. На відміну від значень концентрацій забруднюючих речовин і комплексних показників в окремих точках, ІІ характеризує стан водного об'єкту на цілій його ділянці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васенко О. Г., Рибалова О. В., Артем'єв С. Р. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього середовища. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с
2. Proskurnin, O., Tsapko, N., Ivashchenko, T., Vasylenko, S., Komarysta, B., Demianova, O., Krusir, G. (2025). Environmental assessment of the state of water bodies in the accident-impacted zone using integrated spatial indicators. EP. 10(4). 406–413. URL: <https://doi.org/10.23939/ep2025.04.406>

ХІМІЧНА НЕБЕЗПЕКА У ПОЛІГРАФІЧНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*Райко З. Д.,
Сосновська А. В.,
Мітюк Л. О., к.т.н.*

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Щодня працівники поліграфічної галузі піддаються негативному впливу небезпек різного походження, але домінуючим є вплив хімічних шкідливих виробничих факторів, на який припадає близько 50 % професійних ризиків.

Виконання поліграфічних процесів супроводжується інтенсивним виділенням у повітря значної кількості випарів летких сполук, концентрація яких без належного контролю здатна спричинити гострі отруєння та нанести велику шкоду здоров'ю людини. Наприклад, залишки хромової, сірчаної, соляної, азотної кислот, а також їдкої натрію і калію можуть викликати хронічні запалення шкіри, слизових оболонок носа та рота. Вплив електролітів нікелю та міді може призвести до екземи та дерматиту. Формальдегіди, тетрахлоретилен та деякі сполуки хрому (VI) при тривалому впливі підвищують ризик онкологічних захворювань. Особливо небезпечними є компоненти клеїв та адгезивів, що містять ізоціанати, а також фотохімічні реагенти, які можуть спричинити подразнення та захворювання очей або навіть викликати астму [1].

Шкідливу дію на організм операторів практично всіх ланок поліграфічного виробництва можуть здійснювати свинець та його сплави, компоненти синтетичних друкарських фарб і лаків, органічні розчинники і розріджувачі, фотополімерні композиції, які поряд з папером є основним видом матеріалів (за об'ємом і асортиментом), що застосовуються на підприємствах. Для виготовлення матеріалів, що застосовуються у сучасній поліграфії, широко використовують полімерні композиції, які готують за нанотехнологіями, що суттєво впливають на рівень міграції низькомолекулярних компонентів.

Для очищення поверхонь перед друком використовують змивні розчини. Розчинники зазвичай є сумішами хімічних речовин, а не однією речовиною. Зараз здебільшого для такої операції використовують безпечні розчинники, але подекуди все ще зустрічається застосування токсичних речовин, як трихлоретилен на виробництвах. Вплив високих концентрацій випарів таких речовин може спричинити ураження нервової системи, а тривалий контакт завдати серйозних наслідків у вигляді зниження слуху, розладу кольорового зору та проблеми зі сном.

Практичним підтвердженням небезпечності органічних розчинників є дослідження впливу трихлоретилену, що проводилися Польщею серед працівників, які зазнавали частого впливу його випарів. У 26 із 40 опитаних було виявлено втрату слуху [2].

Людський ресурс є головним активом поліграфічної галузі, тому важливим є створення безпечних умов на робочому місці, які допоможуть зберегти здоров'я. Згідно з міжнародними рекомендаціями хімічної безпеки, роботодавець має забезпечити отримання повної інформації про властивості речовин, які можуть становити загрозу для робітників, зокрема через паспорти безпеки. Також підприємству рекомендовано вести облік речовин з небезпечними властивостями та проводити оцінку ризиків при впровадженні нових матеріалів або зміні їх хімічного складу.

Згідно з наказом МОЗ України «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Підприємства та організації поліграфічної промисловості»» для створення ефективної системи захисту передбачається суворе розмежування зон зберігання

хімікатів, використання сертифікованих засобів індивідуального захисту органів дихання та шкіри, а також регулярний моніторинг гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі. Усі виробничі приміщення мають бути оснащені загальною припливно-втяжною та місцевою вентиляціями в місцях утворення шкідливих та небезпечних хімічних факторів та пилу [3].

Сучасний контроль за рівнем забруднення може здійснюватися за допомогою IoT-сенсорів онлайн-моніторингу. Система базується на використанні газових сенсорів, зокрема фотоіонізаційних детекторів й бездротової сенсорної мережі для збору й передачі даних про концентрації шкідливих сполук до центрального сервера. Отримана інформація відображається через програмний інтерфейс, що дозволяє оперативно оцінювати рівень забруднення повітря, виявляти перевищення граничних концентрацій і своєчасно реагувати на потенційні ризики для здоров'я працівників та безпеки виробництва [4].

Наявність чітких алгоритмів локалізації розливів хімічних речовин та протоколів екстреної евакуації є обов'язковим для поліграфічних підприємств, щоб мінімізувати ймовірність надзвичайних ситуацій та їх наслідки.

Не менш важливим фактором є проведення регулярних перевірок дотримання працівниками техніки безпеки, а також забезпечення елементами індивідуального захисту такими як рукавички, окуляри та респіратори. Перспективним вектором розвитку галузі є перехід на екологічні матеріали, що дозволить мінімізувати ризики ще на етапі проектування виробничих процесів.

Окрім захисту працівників, особлива увага має приділятися безпечній утилізації відпрацьованих матеріалів, щоб уникнути забруднення довкілля та забезпечити екологічну стабільність регіону [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлова Є. О., Протасенко О. Ф., Мороз М. О., Дейнека Д. М. Аналіз хімічних небезпек і попередження їхнього впливу на працівників поліграфічного виробництва. Комунальне господарство міст. 2025. Том 1, Вип. 189. С. 404–409. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-404-409.
2. Alizadeh, A., Shahtaheri, S.J., Abbaspour, M. et al. (2018). Evaluation of Occupational Combined Exposure to Organic Solvents and Noise in Printing Industry. Applied Occupational and Environmental Hygiene. 33. URL: https://www.researchgate.net/publication/329535083_Evaluation_of_Occupational_Combined_Exposure_to_Organic_Solvents_and_Noise_in_Printing_Industry
3. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 № 248. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0065-12#Text>
4. Bennett, J., Barker, A.J., Marlow, B. J. et al. (2012). Real-Time Monitoring of Volatile Organic Compounds in Hazardous Sites. URL: https://www.researchgate.net/publication/221919067_Real-Time_Monitoring_of_Volatile_Organic_Compounds_in_Hazardous_Sites

ОЦІНЮВАННЯ НЕОБХІДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ОДЯГУ ДЛЯ ПІДТРИМАННЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ ОРГАНІЗМУ ПРАЦІВНИКІВ В УМОВАХ ХОЛОДУ

*Римар Т. І.^{1,2}, к.т.н., доцент,
Сушко Н. С.², PhD*

¹Національний університет «Львівська політехніка»,

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Робота в умовах низьких температур є серйозним викликом для багатьох професійних груп, зокрема шахтарів відкритих кар'єрів, будівельників, працівників нафтової та газової промисловості, лісогосподарських робітників та військовослужбовців. Вплив холоду на організм людини може призвести до гіпотермії, обморожень, зниження працездатності та підвищення ризику травматизму. Тому питання адекватної теплоізоляції одягу є ключовим для забезпечення безпеки праці та підтримання продуктивності персоналу [1–3].

Метою роботи є удосконалення методів оцінювання необхідної теплоізоляції одягу працівників із урахуванням температури навколишнього середовища, інтенсивності фізичної роботи, швидкості вітру та паропроникності матеріалів, з яких вироблено одяг. Це дає можливість більш точно визначити рівень захисту від переохолодження та оптимізувати умови виконання виробничих завдань.

Для оцінювання теплоізоляційних характеристик застосовано модель IREQ (ISO 11079) [4]. Розрахунки виконувалися в діапазоні температур від -5 до -20 °С, за інтенсивності роботи 88 – 145 Вт/м² та повітропроникності матеріалів 10 – 40 дм³/(м²·с). Враховувався тепловий баланс організму, включаючи втрати теплоти під час дихання та випаровування вологи.

Отримані результати показали, що зі зростанням інтенсивності фізичної роботи зменшується потреба у теплоізоляції одягу, оскільки організм виробляє більше теплоти. Водночас зі зниженням температури навколишнього середовища необхідна теплоізоляція зростає. Працівники малорухомих категорій (наприклад, охоронці чи персонал у приміщеннях) є найбільш вразливими до холодового стресу, адже їхній організм виробляє менше теплоти.

Дослідження також підтвердило, що паропроникність матеріалів має менший вплив на теплоізоляцію, проте вона є критично важливою для комфорту та регуляції теплового балансу. Вологість та намокання тканин значно знижують ефективну теплоізоляцію, що скорочує допустиму тривалість перебування працівника на холоді. Це особливо актуально для тривалих робіт або інтенсивного потовиділення.

За результатами оцінювання необхідної теплоізоляції одягу для підтримання теплового балансу організму робітника визначено емпіричну залежність необхідної теплоізоляції спецодягу (IREQ) від повітропроникності матеріалу (B), інтенсивності виконання роботи (q_m) та температури навколишнього середовища (T) за швидкості вітру 3 м/с. Ця залежність описується рівнянням:

$$\text{IREQ} = 1,246 \cdot 10^{17} \cdot B^{0,028} \cdot q_m^{-1,1} \cdot T^{-6,25}. \quad (1)$$

Отримана залежність (1) є достовірною в межах таких досліджуваних параметрів:

- температури навколишнього середовища: $253 < T < 268$ К;
- інтенсивності виконання робіт: $88 < q_m < 145$ Вт/м²;
- повітропроникності матеріалу, з якого виготовлено одяг: $10 < B < 40$ дм³/(м²·с).

Аналіз залежності (1) показує, що необхідна теплоізоляція одягу зростає із зниженням температури навколишнього середовища та інтенсивності виконання роботи і зростає із збільшенням повітропроникності матеріалу:

1. Температура навколишнього середовища є головним фактором, що визначає необхідну теплоізоляцію одягу, оскільки показник степеня є від'ємним і складає $k = -6,25$. Тобто у разі зниження температури довкілля T значення необхідної теплоізоляції IREQ різко зростає.

2. Інтенсивність роботи має другорядний, але суттєвий вплив. Показник степеня при q_m складає $n = -1,1$. Тобто, за більшої фізичної активності організм виробляє більше теплоти, і необхідна теплоізоляція одягу знижується. За низької інтенсивності роботи (сидяча чи легка діяльність) теплоутворення тіла людини є мінімальним, тому потрібна більша теплоізоляція одягу.

3. Паропроникність матеріалу має менший вплив, але її роль важлива для комфорту та регуляції теплового балансу через випаровування. Показник степеня при V складає $m = 0,028$. Чим більше одяг «дихає», тим більше теплоізоляції потрібно для компенсації втрат теплоти через випаровування.

Результати дослідження мають практичне значення для розробки рекомендацій щодо підбору спецодягу для різних категорій робіт, оптимізації робочих змін та зниження ризику переохолодження. Використання інноваційних матеріалів, таких як нанокompозити та мембранні тканини, відкриває перспективи для підвищення ефективності захисту працівників у холодних умовах.

Висновки. Необхідна теплоізоляція одягу залежить від комплексу факторів: температури навколишнього середовища, інтенсивності роботи, швидкості вітру та властивостей матеріалів. Важливо враховувати не лише загальний тепловий баланс, але й локальні ефекти охолодження окремих ділянок тіла, які можуть призвести до обморожень навіть при збереженні загального теплового комфорту. Систематизація методики оцінювання дає можливість підвищити безпеку працівників, зменшити ризики травматизму та сприяти енергоефективності виробничих процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Болібрux Б. В., Штайн Б. В., Кошеленко В. В. Моделювання теплових процесів у багатошаровому пакеті теплозахисного одягу пожежника. Збірник наукових праць ЛДУ БЖД «Пожежна безпека», 2009. № 15. С. 66–71.
2. Третьякова Л. Д., Метель М. М., Круковський П. Г. Математична модель теплового стану працівника в захисному одязі. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». Київ: НТУУ «КПІ», 2009. № 2. С. 26–32.
3. Болібрux Б. В., Штайн Б. В., Лозинський Р. Я., Лин А. С., Васютяк А. О. Визначення температурних режимів підкостюмного простору теплозахисного одягу пожежника під час гасіння пожеж в закритих приміщеннях. Збірник наукових праць ЛДУ БЖД «Пожежна безпека» 2013. № 22. С. 24–31.
4. ISO/CD 11079. Revision 2000-11-17. Ergonomics of the Thermal Environment-Determination and Interpretation of Cold Stress when Using Required Clothing Insulation (IREQ) and Local Cooling Effects.

УДК 614.894:331.45

ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПРАЦІ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ У ЗАДИМЛЕНИХ ПРИМІЩЕННЯХ

*Сірко А. А.,
Титаренко О. В.*

Національний університет цивільного захисту України

Проведення аварійно-рятувальних робіт (АРР) у задимлених приміщеннях характеризується екстремальними умовами, що створюють пряму загрозу життю та здоров'ю особового складу ДСНС. Основними небезпечними факторами є висока температура, нульова видимість, наявність токсичних продуктів горіння та ризик раптової зміни газодинамічних параметрів пожежі (спалах або вибух піролізних газів). Оцінка ризиків та впровадження ефективних алгоритмів управління безпекою праці є ключовими для мінімізації травматизму серед рятувальників.

Процес управління безпекою в непридатному для дихання середовищі має базуватися на превентивній ідентифікації загроз. На етапі розвідки критично важливим є використання тепловізорів для виявлення прихованих осередків горіння та оцінки стійкості будівельних конструкцій. Ліквідація надзвичайних ситуацій (НС) у середовищі, непридатному для дихання, пов'язана з високими ризиками для життя та здоров'я рятувальників, що значно обмежують можливості ланок газодимозахисної служби. У цьому контексті використання роботизованих комплексів (РК) для розвідки та моніторингу стає критично необхідним елементом сучасної системи цивільного захисту.

Основною перевагою застосування РК у непридатному для дихання середовищі є можливість отримання точних даних про стан довкілля без залучення особового складу безпосередньо в небезпечну зону. Сучасні роботизовані системи оснащуються багатокomпонентними газоаналізаторами, тепловізійними камерами та лазерними сканерами, що дозволяє будувати 3D-моделі приміщень навіть в умовах нульової видимості.

Ризик-орієнтований підхід передбачає постійний аналіз співвідношення «користь/ризик» при прийнятті рішення про введення ланок ГДЗС у зону НС.

Для підвищення рівня безпеки пропонуються заходи контролю за станом ланок:

Організаційні заходи:

чітке дотримання вимог безпеки праці щодо роботи в апаратах захисту органів дихання;

формування ланок ГДЗС не менше ніж із 2–3 осіб;

призначення відповідального за безпеку (пост безпеки);

ведення журналу обліку часу входу/виходу ланки;

забезпечення резервної ланки в повній готовності;

обмеження часу перебування згідно з розрахунком повітря в балонах.

Тактичні заходи:

попередня розвідка обстановки;

рух уздовж стін для кращої орієнтації;

постійний візуальний і тактильний контакт між членами ланки;

дотримання принципу «один входить – один страхує»;

Негайний вихід при:

зниженні тиску до критичного рівня;

втраті орієнтації;

несправності апарата;
 погіршенні самопочуття.
 Технічні заходи:
 використання справних ізолюючих дихальних апаратів (перевірка перед входом);
 застосування газоаналізаторів для контролю рівня кисню та токсичних речовин;
 використання тепловізорів для орієнтування в умовах нульової видимості;
 використання роботизованих комплексів;
 забезпечення засобами зв'язку (радіостанції з гарнітурою);
 наявність страхувальної мотузки або системи орієнтування;
 контроль тиску в балонах і своєчасне попередження про мінімальний залишок;
 впровадження індивідуальних систем моніторингу (PASS-пристроїв), що подають сигнал тривоги у разі нерухомості рятувальника;
 використання електронних планшетів на посту безпеки для автоматизації розрахунків часу перебування в непридатному для дихання середовищі та залишку повітря.

Навчально-тренувальні заходи:

регулярні тренування в теплодимокерах;
 відпрацювання дій при відмові апарата;
 моделювання аварійних ситуацій (втрата зв'язку, травмування члена ланки);
 періодична перевірка знань правил безпеки.

Важливим аспектом управління безпекою є психологічна готовність та фізична витривалість особового складу. Робота в обмеженому просторі за умови задимлення викликає значний стрес, що може призвести до помилок у роботі з обладнанням. Тому тренування у теплодимокерах із максимально наближеними до реальних умовами є невід'ємною частиною системи управління безпекою праці.

Отже, інтеграція сучасних технічних засобів моніторингу та суворе доотримання протоколів безпеки дозволяють трансформувати управління безпекою праці, забезпечуючи максимальну захищеність рятувальників під час виконання завдань за призначенням.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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 МВС України № 340 від 26.04.2018.

2. Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії : наказ ДСНС України № 375 від 02.04.2024.

3. Дії підрозділів ДСНС України під час воєнного стану : навч. посібник. М. Коваль, Д. Чалий, В. Ковальчук та ін. Львів : ЛДУБЖД, 2023. 308 с.

4. Порядок 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 МВС України № 780 від 25.09.2023 р.

5. Про затвердження Правил безпеки праці в органах і підрозділах ДСНС : наказ ДСНС України № 1661 від 31.12.2025 року.

УТИЛІЗАЦІЯ 122-ММ РЕАКТИВНИХ СНАРЯДІВ 9М22У Є ВАЖЛИВИМ КРОКОМ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У МІСЦЯХ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ

Смирнов О. М.

Національний університет цивільного захисту України

На даний момент в Україні зберігаються значні запаси 9М22У з простроченим гарантійним терміном зберігання, які потребують термінової утилізації. Процес розбирання 9М22У вимагає розробки відповідних рішень та оснащення спеціалізованим обладнанням. Він включає можливість вилучення вибухової речовини, порошу та металевих елементів із корпусу реактивних снарядів, забезпечуючи безпечний і раціональний підхід до утилізації.

Для впровадження новітніх високоефективних технологій утилізації боєприпасів та їхніх компонентів розроблено методику розбирання 122-мм некерованих реактивних снарядів (НКРС) М-210Ф індексу 9М22У (далі – 9М22У). Ця технологія дозволяє раціонально вилучати всі необхідні матеріали, забезпечуючи ефективне використання ресурсів.

Конструкція 9М22У представлена на Рисунок 1 – Їх особливо недоцільно утилізувати методом підриву.

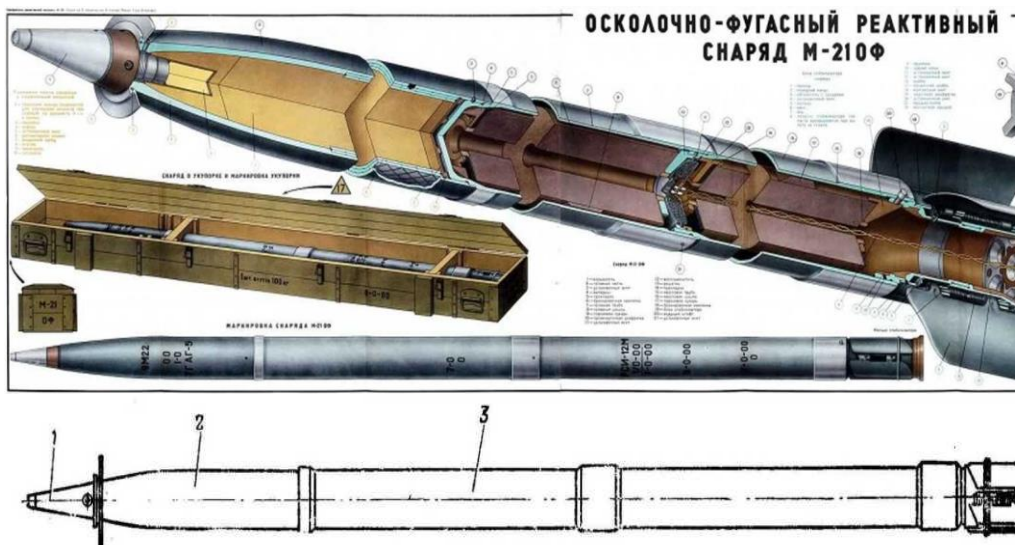


Рисунок 1 – Компонувочна схема 122-мм НКРС М-210Ф індексу 9М22У = 66,85 кг:

1 – підричник МРВ або МРВ-У; 2 – ОФ БЧ 9М22У = 18,4 кг із ВР (Т = 0,1 кг; ТГАФ-5 = 6,25 кг); 3 – РЧ із пороховим зарядом (РСИ-12М або РСТ-4К) = 20,45 кг.

Дальність ведення вогню складає 1,6 – 20,75 км

Процедура утилізації передбачає певні заходи, що здійснюються відповідними органами ДСНС України, а саме: контроль заходів з утилізації, погодження нормативних документів з питань утилізації та відповідних державних контрактів [1].

Технологічна політика утилізації боєприпасів повинна насамперед забезпечувати техногенну та екологічну безпеку під час планування та виконання всіх робіт. Для впровадження сучасних і високоефективних технологій утилізації боєприпасів та їхніх

компонентів доцільно розробити методику знешкодження 122-мм 9М22У, яка б забезпечувала ефективне вилучення всіх необхідних матеріалів.

Устаткування й оснащення, що використовуються в роботі, має бути справними і налаштованим на конкретну номенклатуру. Висота установки столів, конвеєрів і рольгангів у зоні робочих місць не повинна перевищувати 0,8 м. Столи повинні мати борти висотою не менше 50 мм. Матеріали на робочих місцях повинні знаходитися в типових, пристосованих ємностях.

При використанні устаткування, розміщення і кількості робочих місць, указаних у комплекті документів, орієнтована продуктивність розряджання 9М22У складає – 50 шт. у зміну (відповідно кошторисної калькуляції).

Під час розбирання 9М22У, всього застосовується 23 складальника боєприпасів.

Роботи з розряджання 122-мм 9М22У проводяться по відомості (форма 203) складання (ремонт, розділення, комплектації) боєприпасів. Згідно цієї відомості списуються бойові 9М22У та оприбутковуються їх елементи.

Утилізація 9М22У способом розбирання на елементи представляє собою процес послідовного виконання операцій – № 1–23. До числа відповідальних операцій відносяться № 7–11, 15, 16, 20: контроль 122-мм НКРС М-21ОФ на допустимість до розряджання; розряджання ДУ, вилучення ТГАГ-5, розбирання 9Х227, пакування розривних зарядів, порохових зарядів 9Х111 та 9Х227.

Під час демонтажу 1000 од. 122-мм НКРС М-21ОФ індексу 9М22У можна отримати 66,8595 тонн вторинної сировини, зокрема: 1. Чорний метал вид 501 = (Ст.3, Ст. 8–10) = 37,461 т; 2. ТНТ, ТГАГ-5 = 6,35 т; 3. РСІ-12М = 20,99 т; 4. Підричник МРВ-У – 1000 шт. (0,71 т); 5. Електрозапальвачі – 1000 шт. (0,14 т); 6. Прескартон, папір, гума = 1,2085 т.

Висновок. Економічна доцільність запропонованої технології може бути підтверджена шляхом аналізу цін на металобрухт на ринках вторинних ресурсів. Запропонована методика оптимального розподілу особового складу по робочим місцям з урахуванням ризику виникнення аварії. Такий підхід може бути реалізований відповідними органами ДСНС України в процесі проведення експертизи утилізації боєприпасів і вибухівки під час здійснення заходів контролю, погодження нормативних та інших документів з питань утилізації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про затвердження Порядку утилізації ракет, боєприпасів і вибухових речовин : Постанова Кабінету Міністрів України № 812 від 07 червня 2006 р. (в редакції Постанова Кабінету Міністрів України від 16 червня 2010 р. № 469). Офіційний вісник України. 2006 р. № 24, стор. 23, ст. 1768. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/812-2006-п#Text> (дата звернення: 01.03.2026).

2. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів / НУЦЗУ; за заг. ред. О. М. Смирнова. Харків : ФОП Панов А. М., 2018 р. навч. посіб. Том 3. Організація утилізації та знищення ракет і боєприпасів на арсеналах, базах та складах. 416 с.

ПІДБІР ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ НА ОСНОВІ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО РЕСПІРАТОРА.

Титаренко О. В.,

Сірко А. А.

Національний університет цивільного захисту України

Усі фільтрувальні респіратори можна поділити на два великих підкласи за способом подачі повітря у підмасковий простір: примусовий і самовисмоктування. Перші являють собою системи, що складаються з лицьової частини, турбоблоку, забезпеченого фільтрами і відповідними клапанами і з'єднувального шлангу. Принцип дії полягає в тому, що очищене повітря за допомогою повітродувки нагнітається під лицьову частину, забезпечуючи підвищений тиск, що не дозволяє забрудненому повітрю з робочої зони потрапляти до легенів людини. Другі – складаються з лицьової частини та фільтрів за необхідності клапанів вдихання та видихання. Принцип дії полягає у проходженні повітря з домішками через деякий набір різноманітних фільтрів за рахунок створення різниці тисків у підмасковому просторі. Для цих засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) важливо забезпечити достатній рівень ізолювання органів дихання, за рахунок відповідної конструкції обтюратора. Надійне ізолювання органів дихання від шкідливого навколишнього середовища досягається у лицевих частин, обтюратор яких може видозмінюватись враховуючи антропометричні відмінності обличчя. Слабким місцем обтюратора вважається зона перенісся, де і фіксується найбільша кількість підсмоктувань нефільтрованого повітря. Тому зусилля виробників направлені на вивчення антропометричних параметрів обличчя, зумовлених віком, умовами праці, національністю та інших та моделювання контурів ущільнювача з використанням сучасних 3D-технологій.

Для вибору фільтрувального респіратора потрібно спочатку зібрати всі необхідні відомості про властивості шкідливих речовини у повітрі робочої зони:

- характеристику умов праці;
- фізичні, хімічні й токсичні властивості шкідливої речовини;
- відомості про ПДК цих речовин;
- значення концентрації, миттєво-небезпечної для життя й здоров'я;
- чи виявляють вони дратівний вплив на очі;
- відомості про термін служби фільтрів.

Інформація про умови застосування респіратора повинна містити в собі виконувану роботу – тривалість, частоту, місце виконання, навантаження, технологічний процес, зручність респіратора. У якихось випадках умови роботи можуть перешкодити застосуванню деяких класів респіраторів, оскільки людина повинна бути здатна (з медичної й із психологічної точок зору) застосовувати респіратор для виконання даної роботи. Не залежно від попереджувальних властивостей шкідливих речовин, потрібно одержати інформацію про термін служби фільтрів. Це слід зробити для всіх наявних шкідливих речовин і всіх можливих (максимальних і мінімальних) значеннях температури й відносної вологості на робочому місці. Щоб обраний респіратор забезпечив необхідний ступінь захисту в тих умовах, у яких він буде використовуватися, потрібно проводити повноцінну програму респіраторного захисту, що включає періодичні тренування, технічне обслуговування, перевірки, очищення, і огляди респіраторів, застосування респіраторів відповідно до вказівок виробника, перевірки ізолюючих властивостей масок, оцінка умов роботи. Щораз, коли це можливо, слід проводити перевірку захисних властивостей респіратора у практичних умовах, щоб підтвердити реальний ступінь захисту респіратора.

Основні кроки з вибору ЗІЗОД складаються:

1. Виявлення та визначення небезпеки.
2. Оцінювання ризиків.
3. Обґрунтування вибору ЗІЗОД.
4. Перевірка адекватності вибору ЗІЗОД.
5. Тренування та навчання користувачів.
6. Обслуговування засобів захисту відповідно до вимог виробника.

Для того, щоб ЗІЗОД знижували забрудненість вдихуваного повітря до допустимої величини необхідно виконати три умови:

1. Коефіцієнт захисту респіраторів має бути більше за коефіцієнт забруднення робочої зони.
2. Півмаска респіратору повинна відповідати антропометрії обличчя людини.
3. ЗІЗОД необхідно своєчасно і правильно застосовувати.

Важливо для правильного і своєчасного застосування ЗІЗОД необхідно вказати можливі ризики для здоров'я при не правильному використанні ЗІЗОД та провести відповідні тренування, які передбачають вивчення складових частин ЗІЗОД, правильне одягання, попереднє носіння для звикання та оцінки зручності, ознайомлення з діями під час надзвичайних ситуацій.

Вибір ЗІЗОД за характером виконуваних робіт необхідно здійснювати з урахуванням їх класифікації відповідно до чинних в Україні національних стандартів.

Виходячи з існуючої класифікації занадто складно підібрати фільтрувальний пристрій, який врахував необхідність надійного кріплення півмасок в залежності від вимог до рухомості або темпу роботи, коли респіратор може сповзти з обличчя і збільшити надходження шкідливої речовини крізь щілини за смугою обтюратора. Також важко забезпечити ізолювальні властивості респіраторів без розуміння властивостей матеріалів і конструктивних особливостей клапанів видихання, обтюратора та наголів'я.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ромась М. Д., Цибульська О. В. Щодо визначення потреби в засобах індивідуального захисту для працівників на виробництві. Проблеми охорони праці в Україні. 2015. № 29. С. 88–102.
2. Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання. Сайт Головного управління Держпраці у Харківській області. URL: <https://www.kh.dsp.gov.ua/>
3. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Сайт Державної установи «Харківський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України». URL: <https://labcenter.kh.ua/?p=10840>
4. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Сайт Служби охорони праці. URL: <https://www.sop.com.ua/article/808-zasobi-ndividualnogozahistu-organv-dihannya>
5. Засоби індивідуального захисту: типи, вимоги, рекомендації : навч. посібник / В. І. Голінько, С. І. Чеберячко, О. В. Дерюгін, Ю. І. Чеберячко, Д. І. Радчук. Д.: 2021.

ЛІСОВІ ПОЖЕЖІ ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ В УМОВАХ ВІЙНИ

*Товарянський В. І., к.т.н., доцент,
Радзіонов К. С.*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Повномасштабна війна суттєво трансформувала характер екологічних загроз, серед яких лісові пожежі займають особливе місце. Ці надзвичайні ситуації природного характеру вважаються одними із найбільш складно прогнозованих чинників дестабілізації навколишнього природного середовища та порушення системи пожежної безпеки в цілому. Особлива увага приділяється умовам бойових дій, адже саме вони зумовлюють появу нових джерел займання в лісах – вибухів різноманітних боєприпасів, мінування територій і пошкодження інженерної інфраструктури, що ускладнює своєчасне реагування на пожежі [1]. Це призводить не лише до зростання площ та інтенсивності пожеж, але й до ускладнення їх гасіння через загрозу для особового складу і техніки, що, своєю чергою, підвищує ризики для населення, об'єктів критичної інфраструктури й екосистем. Одночасно лісові пожежі в умовах війни спричиняють масштабні викиди забруднювальних речовин і парникових газів, деградацію ґрунтів, втрату біорізноманіття, порушення водорегулюючих та кліматостабілізуючих функцій лісів, а також довготривалу екологічну нестабільність територій, що перебували або перебувають у зоні бойових дій. За таких обставин лісові пожежі слід розглядати не лише як природне явище чи сезонний ризик, а як комплексну загрозу пожежній та екологічній безпеці держави, що потребує переосмислення підходів до моніторингу, управління ризиками та відновлення постраждалих екосистем.

Впродовж останніх чотирьох років наукові та прикладні роботи з тематики лісових пожеж в умовах війни виразно змістили акцент із «класичної» пожежної небезпеки до воєнно-зумовлених причин займання, обмежень реагування та довготривалих екологічних наслідків. Так, у [2] авторами здійснено кількісну оцінку просторово-часової динаміки осередків горіння та площ згарищ у регіонах активних бойових дій від початку повномасштабного вторгнення до кінця 2023 року, з акцентом на ураженні природоохоронних територій. Паралельно розвивається напрям, що пов'язує пожежну активність із факторами воєнної трансформації ландшафтів (вибухові ураження, накопичення пошкодженої деревини як горючого матеріалу, мінна небезпека та недоступність для гасіння) – ці обмеження розглядаються як ключовий чинник зростання масштабів пожеж і ризиків для підрозділів реагування [3]. Окремий напрям становлять праці науковців, де війна аналізується як фактор додаткових викидів парникових газів від ландшафтних і лісових пожеж та одночасного зниження здатності лісів до поглинання вуглецю [4]. Окрім цього, значна увага приділяється дослідженням проблематики втрати деревних ресурсів і біорізноманіття, а також економіко-екологічних наслідків деградації лісів у воєнний період.

Таким чином, проведений вище аналіз засвідчує, що вагомим науковим здобутком останніх років стало кількісне оцінювання масштабів і просторово-часової динаміки лісових пожеж у районах бойових дій із використанням даних дистанційного зондування Землі, а також обґрунтування зростання їх інтенсивності внаслідок воєнно-зумовлених факторів. Водночас більшість досліджень зосереджена переважно на фіксації фактів та визначенні площ згарищ, тоді як потребують поглиблення питання комплексної оцінки впливу пожеж на екологічну безпеку територій, зокрема довгострокових наслідків для ґрунтів, водних ресурсів, біорізноманіття та вуглецевого балансу екосистем. При цьому недостатньо розробленими залишаються методичні підходи до прогнозування пожежної

небезпеки з урахуванням воєнних ризиків (мінна небезпека, недоступність територій, порушення систем реагування), а також моделі інтегрованого управління пожежами в умовах обмежених ресурсів.

Варто зазначити, що перспективні напрямки досліджень лісових пожеж як чинника екологічних загроз в умовах війни, можуть бути окреслені через формулювання таких наукових і прикладних завдань:

- розроблення адаптованої системи моніторингу лісових пожеж в умовах війни, що поєднуватиме супутникові дані, БПЛА, наземні сенсори та алгоритми обробки інформації з урахуванням обмеженого доступу до територій і загроз мінної небезпеки;

- створення моделей прогнозування пожежної небезпеки з урахуванням воєнних чинників, включаючи інтенсивність бойових дій, характер уражень територій, накопичення горючих матеріалів та порушення інфраструктури реагування;

- формування системи критеріїв оцінювання впливу лісових пожеж на екологічну безпеку держави, зокрема щодо втрати біорізноманіття, деградації ґрунтів, забруднення атмосферного повітря та зміни вуглецевого балансу;

- обґрунтування організаційно-технічних рішень щодо гасіння пожеж у небезпечних та замінованих районах, що передбачатиме оптимізацію тактики реагування, використання дистанційних або роботизованих засобів і забезпечення безпеки особового складу;

- розроблення науково-обґрунтованих підходів до повоєнного відновлення лісових екосистем, з урахуванням рівня пошкодження територій, можливих забруднень вибуховими речовинами та потреб у рекультивациі

- створення механізмів мінімізації ризиків для населення та підрозділів реагування, зокрема через удосконалення системи оповіщення, планування евакуаційних заходів і інтеграцію екологічних ризиків у систему цивільного захисту.

Реалізація окреслених напрямів досліджень дасть змогу сформувати науково-обґрунтовану основу для вдосконалення системи моніторингу, прогнозування та реагування на лісові пожежі в умовах війни, підвищити рівень пожежної та екологічної безпеки територій, а також забезпечити більш ефективне відновлення лісових екосистем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузик А. Д., Товарянський В. І. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. Вісник ЛДУ БЖД. 2023. № 27. С. 16–22.

2. Агапова О., Лещенко В. Дослідження пожеж у лісах України внаслідок воєнних дій за даними дистанційного зондування Землі. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2024. № 40. С. 6–17.

3. War ignited record-breaking wildfires in Ukraine last year, scientists say. URL: https://www.reuters.com/world/europe/war-ignited-record-breaking-wildfires-ukraine-last-year-scientists-say-2025-03-26/?utm_source=chatgpt.com

4. Vasylyshyn, R. et al. (2025). Landscape fires and decreasing carbon sequestration capacity: Quantifying greenhouse gas emissions due to the Russo–Ukrainian war. *Ecological Indicators*. 181.

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПИТНОЇ ВОДИ У КОЛОДЯЗЯХ СЕЛИЩ КОМАРІВКА ТА ПІДЛИМАН ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Хром'як У. В., к.т.н., доцент,

Мільчаковський І. М.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

На даний час війна в Україні зумовила проблему неякісної питної води у прифронтових селищах і містах. Руїнування об'єктів критичної інфраструктури, порушення систем централізованого водопостачання та відсутність належного санітарного контролю у сільській місцевості, зумовлюють підвищені ризики хімічного та мікробіологічного забруднення води з децентралізованих джерел. Особливо вразливими є прифронтові населені пункти Харківської області, де основним джерелом водопостачання залишаються колодязі.

Слід відзначити, що селища Комарівка та Підлиман Харківської області були під тимчасовою окупацією російських військ з весни 2022 року до вересня 2022 року і на даний час знаходяться на невеликій відстані від активних бойових дій (рис. 1).

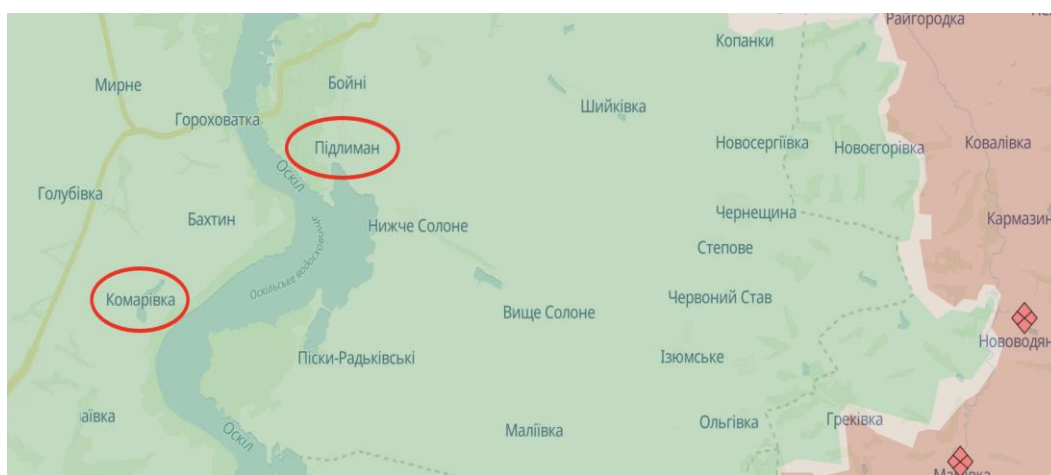


Рисунок 1 – Географічне розташування селища Комарівка та Підлиман Харківської області від лінії бойових дій за даними Google Maps

Дані селища розташовані неподалік одне від одного у південно-східній частині Харківської області, поблизу межі з Донецькою областю. Обидва населені пункти знаходяться в зоні лісостепу, їх розділяє річка Оскіл і входять до одного адміністративного району (Ізюмський район). Відстань між цими селищами становить 9,4 км.

Досліджено фізико-хімічні показники якості питної води з колодязів у селищах Комарівка та Підлиман Харківської області та порівняння їх з вимогами національних і європейських нормативів.

Відбір проб води здійснювався у вересні 2025 року з дотриманням чинних методичних вимог. Аналізи виконувалися в атестованій науково-дослідній лабораторії із застосуванням стандартних методик. Досліджувалися такі показники: загальна твердість, водневий показник (рН), загальний солевміст, концентрації нітратів, нітритів, сульфатів, хлоридів, амонію, заліза та електропровідність.

У результаті проведених досліджень якості питної води з колодязів селищ Комарівка та Підлиман Харківської області встановлено наявність суттєвих відхилень деяких фізико-хімічних показників від нормативних значень. Виявлено, що загальна твердість води в обох населених пунктах перевищує допустимі значення відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 та Директиви Ради ЄС 98/83/ЄС, при цьому максимальні значення зафіксовані у селищі Комарівка (18,72 ммоль/дм³). Підвищена твердість зумовлена значним вмістом іонів кальцію та магнію, що негативно впливає на органолептичні властивості води та може створювати ризики для здоров'я населення. Загальний солевміст питної води теж перевищує гранично допустимі рівні (1670 мг/дм³/ppm у с. Комарівка), що свідчить про високу мінералізацію підземних вод у досліджуваному регіоні. Значення водневого показника рН перебувають у межах санітарних норм і характеризують воду як нейтральну або слабколужну. Концентрації нітратів у всіх зразках не перевищують нормативів, а нітрити не виявлені, що вказує на відсутність гострого органічного забруднення. Показники електропровідності взаємозв'язані із високою мінералізацією води та свідчать про значний вміст розчинених солей. Вміст хлоридів, сульфатів, амонію та заліза знаходиться в межах допустимих значень, встановлено незначне підвищення вмісту амонію, що може бути наслідком локального антропогенного впливу.

Для оцінки якості питної води з колодязів селищ Комарівка і Підлиман Харківської області використано Національний стандарт України ДСТУ 4808:2007, згідно з яким визначено класи якості води для кожного об'єкта дослідження за окремими показниками.

Встановлено, що в с. Комарівка Харківської області вода з колодязів належить до четвертого класу якості води, за такими показниками, як забарвленість, мінералізація, загальна твердість, також підвищений вміст амонію. У с. Підлиман такі показники, як запах і загальна твердість належать до четвертого класу якості води, а мінералізація, вміст амонію та водневий показник належать до третього та другого класу якості води відповідно. Вміст нітратів, нітритів, сульфатів та хлоридів в обох населених пунктах відповідає дуже добрій якості води.

Одержані результати вказують на невідповідність якості питної води з досліджуваних колодязів санітарно-гігієнічним вимогам за низкою показників, що створює потенційну загрозу для здоров'я населення при тривалому споживанні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хром'як У. В., Мільчаковський І. М. Військові дії в Україні як чинник утворення відходів: тези допов. XVII Міжнародної науково-методичної конференції «Безпека людини у сучасних умовах». Харків : Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». 2025. С. 47–49.
2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» від 12.05.2010 № 400. (ДСанПіН 2.2.4-171-10). URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> 5
3. Директива Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року «Про якість води, призначеної для споживання людиною». URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_963
4. Увага! Вода з колодязів у с. Комарівка - непридатна для пиття! URL: <https://oskilskasilrada.gov.ua/news/1751963803/>
5. Khromyak, U., Bosak, P., Telak, O. (2025). Quality assessment of drinking water from different water supply sources in Vynnyky (Lviv region). Environmental problems. 10. 3. 252–258.

ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Черненко О. М., к.мед.н., доцент,

Вовк Н. П., к.пед.н., доцент,

Дячкова О. М. к.пед.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Аналіз травматизму в системі освіти України свідчить, що основними причинами нещасних випадків є:

- відсутність в закладах освіти нормативної документації з охорони праці;
- недостатній рівень знань працівниками закладів освіти вимог охорони праці, що є наслідком відсутності інструкцій з охорони праці, формального підходу до проведення інструктажів з охорони праці;
- безвідповідальність керівників в питаннях організації роботи з охорони праці;
- відсутність відповідальності за порушення чинного законодавства з охорони праці на всіх рівнях [1].

Щорічно перед початком навчального року робоча комісія визначає готовність навчальних класів, майстерень, спортзалів, спортивних майданчиків, тренувальних комплексів та інших приміщень закладу освіти до нового навчального року і складає акти-дозволи на введення їх в експлуатацію. Після огляду робочою комісією заклад освіти приймає в експлуатацію комісія, створена за наказом відповідного органу управління освітою. На навчальні класи (лабораторії) навчального закладу складаються відповідні паспорти. Керівник не дозволяє проведення освітнього процесу за наявності шкідливих та небезпечних умов для здоров'я його учасників. Згідно графіку співробітники закладу освіти проходять щорічний медогляд та мають бути проінформовані та проінструктовані щодо дій, необхідних у разі виникнення аварійних ситуацій. Керівник закладу освіти несе особисту відповідальність за створення безпечних умов освітнього процесу [2].

Керівник забезпечує функціонування системи управління охороною праці:

- створює службу і призначає посадових осіб, які забезпечують розв'язання питань охорони праці;
- затверджує інструкції про обов'язки, права та відповідальність за виконання функцій, покладених на службу охорони праці;
- контролює дотримання обов'язків, покладених на службу охорони праці.

Також керівник затверджує наказом план-графік проведення навчання щодо питань з охорони праці та безпеки життєдіяльності (який складають раз на три роки); затверджує перелік питань для перевірки знань з охорони праці та безпеки життєдіяльності працівників (який складають члени комісії з перевірки знань з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності); створює умови для роботи комісії з перевірки знань з питань охорони праці; контролює оформлення, облік і зберігання протоколів перевірки знань, оформлення й облік посвідчень про перевірку знань тощо [3].

Навчання і перевірка знань підлягають усі без винятку співробітники закладу освіти з урахуванням умов праці та їх діяльності (педагогічної, наукової, громадської тощо). Навчання керівників закладів, їх заступників, відповідальних за охорону праці, педагогічних, наукових та інших працівників, які викладають питання безпечного ведення робіт або проводять інструктажі з охорони праці, безпеки життєдіяльності, проводять: на базі методичних підрозділів відповідних органів управління освітою; у закладах освіти; у навчальних центрах, визначених місцевими органами управління освітою. Усі інші посадові особи та працівники установ та закладів освіти проходять навчання (раз на три

роки) безпосередньо в установах та закладах освіти, їх структурних підрозділах за місцем роботи обсягом не менше 20 годин.

Згідно «Положення про організацію роботи з охорони праці та безпеки життєдіяльності учасників освітнього процесу в установах і закладах освіти» викладач несе особисту відповідальність за збереження життя і здоров'я здобувачів освіти під час освітнього процесу:

- забезпечує проведення освітнього процесу, що регламентується законодавчими та нормативно-правовими актами з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності;
- організовує вивчення здобувачами освіти правил і норм з охорони праці, безпеки життєдіяльності;
- здійснює контроль за виконанням здобувачами освіти правил (інструкцій) з безпеки;
- проводить профілактичну роботу щодо запобігання травматизму серед здобувачів освіти під час освітнього процесу;
- проводить профілактичну роботу серед здобувачів освіти щодо вимог особистої безпеки у побуті та інше [1].

Кожен викладач зобов'язаний знати специфіку правил з охорони праці під час викладання курсантам (студентам, слухачам) свого предмету. Найбільш схильні до ризику викладачі, які мають справу з небезпечними чинниками під час лабораторних і практичних робіт. Цей факт обґрунтований тим, що під час роботи з небезпечними речовинами і технічним устаткуванням є вірогідність отримати хімічні і термічні опіки, удар струмом, травмування кінцівок чи інших частин тіла в результаті використання несправного устаткування або порушень правил охорони праці у навчальному закладі [1].

Також інструкції з охорони праці потрібні кожному викладачу при виконанні робіт на заміні, у навчальному класі (лабораторії), при роботі з персональним комп'ютером, принтером, технічними засобами навчання та мультимедійним проектором, при виконанні обов'язків куратора та інше у навчальному закладі. Окрім основної інструкції з охорони праці для викладача, педагог зобов'язаний знати додаткові інструкції з техніки безпеки під час виконання робіт з навчальним обладнанням, технічними засобами навчання, з використанням комп'ютера та іншої оргтехніки [2, 3].

Отже, питання організації роботи з охорони праці у закладі освіти є ключовим у процесі створення безпечних і нешкідливих умов праці для всіх учасників освітнього процесу. Систематичне і чітке дотримання законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці є основою ефективного функціонування системи управління охороною праці у навчальних закладах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи охорони праці та безпеки життєдіяльності: навч.-метод. посібник. Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини; уклад. Нагайчук О. В. Умань : Візаві, 2019. С. 51–57.
2. Положення про організацію роботи з охорони праці та безпеки життєдіяльності учасників освітнього процесу в установах і закладах освіти (редакція від 26.12.2017).
3. Положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та безпеки життєдіяльності в закладах, установах, організаціях, підприємствах, що належать до сфери управління Міністерства освіти і науки України (редакція від 30.01.2018).

ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ РОЗСЛІДУВАННЯ НЕЩАСНИХ ВИПАДКІВ, ПРОФЕСІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ТА АВАРІЙ В РЕАЛІЯХ СУЧАСНОЇ УКРАЇНИ

*Шароватова О. П., к.пед.н., доцент
Національний університет цивільного захисту України*

Роки війни в Україні суттєво вплинули на зміни ринку праці. На відміну від довоєнного часу, коли робочих місць не вистачало, сьогодні загострилось структурне безробіття, яке характеризується дефіцитом кадрів за багатьма професіями. Внаслідок воєнних дій, виїзду українців за кордон, призову чоловіків та жінок на військову службу пропозиція робочої сили стала обмеженою і ринок праці постав перед проблемою нестачі кадрів.

Поряд із цим, в умовах постійної загрози надзвичайних ситуацій техногенного та воєнного характеру суттєвих трансформацій в Україні зазнає і система охорони праці. Зростає частка нещасних випадків, пов'язаних із бойовими діями, обстрілами об'єктів критичної інфраструктури, психоемоційним перевантаженням персоналу, виконанням робіт у небезпечних і нестабільних середовищах, порушенням нормальних умов праці.

Значно ускладнюється процес розслідування нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві, що обумовлено руйнуванням виробничої інфраструктури, міграцією працівників, дефіцитом кваліфікованих кадрів та підвищенням рівня професійних ризиків [1].

Проблемними питання процедури розслідування в реаліях сьогоденні постають:

- обмежений доступ до місця події через бойові дії або мінну небезпеку;
- відсутність свідків або їх евакуація;
- знищення документації та матеріальних доказів;
- складність ідентифікації причин події (виробнича травма чи наслідок воєнних дій);
- психологічний стан потерпілих і членів комісій з розслідування.

До традиційних небезпечних факторів додаються вибухові хвилі, уламкові ураження, токсичні продукти горіння, радіаційні та хімічні загрози, тривала дія стресу та синдрому професійного вигорання, порушення режимів праці та відпочинку. Це призводить до зростання кількості професійних захворювань психосоматичного характеру та складних комбінованих травм.

Наявні проблеми ситуативно перетворюються на недоліки чинної системи розслідування, що відбиваються у:

- недостатній адаптації нормативної бази до умов воєнного стану;
- відсутності уніфікованих методик розслідування подій, пов'язаних із бойовими ризиками;
- складності встановлення причинно-наслідкових зв'язків;
- нестачі спеціальної підготовки членів комісій з розслідування;
- фрагментарності міжвідомчої взаємодії.

З огляду на це, Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. № 337, доповнено змінами, внесеними постановою Кабміну від 20 січня 2023 р. № 59, зокрема, розділом «Процедура розслідування нещасних випадків у період дії правового режиму воєнного (надзвичайного) стану в Україні або окремих її місцевостях».

Відтак, нещасні випадки, що сталися з працівниками підприємств (установ,

організацій), їх філій, представництв та інших відокремлених і структурних підрозділів, особами, які працюють на умовах цивільно-правового договору, на інших підставах, передбачених законом, фізичними особами - підприємцями, особами, які провадять незалежну професійну діяльність, членами фермерського господарства, особами, які фактично допущені до роботи без оформлення трудового договору, під час виконання трудових обов'язків внаслідок воєнних (бойових) дій (бомбардувань, ракетних та артилерійських обстрілів, мінувань територій та приміщень, захоплення в полон, інших протиправних дій, здійснення масових терористичних актів, що супроводжуються загибеллю людей чи руйнуванням особливо важливих об'єктів життєзабезпечення тощо), підлягають спеціальному розслідуванню незалежно від ступеня тяжкості травм (ушкодження здоров'я). Розслідування таких нещасних випадків проводиться за місцем їх настання. Проведення досліджень для визначення наявності в організмі потерпілого алкоголю, наркотичних засобів і ступеню його сп'яніння не здійснюється [2].

Це дозволяє проводити розслідування навіть в умовах обмеженого доступу до місця події, фіксувати дані та продовжувати розслідування після нормалізації ситуації. Такі зміни розширюють правові механізми встановлення причин у випадках, коли травмування відбулося під час бойових дій, що відповідає реаліям сучасної України.

Перспективними шляхами розвитку даного питання в системі охорони праці вважаються:

- подальша адаптація нормативно-правової бази до умов надзвичайних ситуацій та воєнного стану;
- розробка спеціальних методичних рекомендацій щодо розслідування нещасних випадків, пов'язаних із наслідками бойових дій;
- цифровізація процесів розслідування (електронні акти, дистанційні комісії, фото- та відеофіксація);
- підвищення рівня підготовки фахівців з охорони праці у сфері кризового менеджменту та психології;
- посилення міжвідомчої взаємодії між органами охорони праці, цивільного захисту та медичними установами;
- інтеграція міжнародного досвіду у сфері розслідування виробничих травм в умовах конфліктів та катастроф.

Отже, з огляду на зростання травм змішаного походження та інцидентів, обумовлених порушенням режимів праці, частки професійних захворювань психосоматичного характеру, розслідування нещасних випадків, професійних захворювань та аварій стає складним багатофакторним процесом, що потребує як адаптації нормативної бази, нових методичних підходів, так і міждисциплінарної взаємодії із залученням медичних, психологічних та безпекових фахівців.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба України з питань праці. URL: <https://dsp.gov.ua>
2. Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві : Постанова Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. № 337. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/337-2019-%D0%BF#Text>

ОХОРОНА ПРАЦІ ЯК СКЛАДОВА ОСОБИСТОЇ БЕЗПЕКИ В ДЕРЖАВНІЙ ПРИКОРДОННІЙ СЛУЖБІ УКРАЇНИ

Шевчук В. М., к.пед.н., доцент,

Підгайчук С. Я., к.т.н., доцент,

Машовець Н. С., к.т.н., доцент

*Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького*

Охорона праці під час дії правового режиму воєнного стану в Україні є складною багатовимірною проблемою, що охоплює правові та практичні аспекти, де пріоритетом є не лише збереження виробництва, а й життя та здоров'я людини, гідних умов праці [1]. Сутність охорони праці як галузевого правового принципу, полягає у відображенні соціальної спрямованості трудового права, оскільки всі його норми функціонально орієнтовані на гарантування безпечних умов, забезпечення працездатності суб'єктів трудових відносин та збереження їх здоров'я.

Охорона праці в Державній прикордонній службі України (ДПСУ) спрямована на забезпечення безпеки військовослужбовців та персоналу. Вона регламентується Конституцією України, Законом України «Про охорону праці», Кодексом законів про працю України, Законом України «Про Державну прикордонну службу України», відомчими наказами, інструкціями та положеннями ДПСУ й охоплює використання спецтехніки, зброї та дотримання техніки безпеки при охороні кордону. Зокрема, Конституція України гарантує право кожної людини на життя, безпечні умови праці та належний рівень захисту здоров'я [2]. Закон України «Про охорону праці» визначає правові, соціально-економічні та організаційні основи охорони праці, обов'язки роботодавця і працівника щодо забезпечення безпечних умов служби [3]. Кодекс законів про працю України містить норми щодо безпечних і здорових умов праці, навчання та інструктажів з охорони праці [4]. У Законі України «Про Державну прикордонну службу України» визначаються правові засади діяльності ДПСУ, обов'язки та відповідальність персоналу, у тому числі щодо дотримання вимог безпеки [5].

Організація охорони праці в ДПСУ є життєво важливим механізмом, що забезпечує стійкість правоохоронної системи України. Вона полягає у забезпеченні балансу між виконанням службових обов'язків підвищеної небезпеки та збереженням життя і здоров'я особового складу. До особового складу ДПСУ входять військовослужбовці та працівники, які виконують свої обов'язки в умовах, що можуть становити виробничий ризик.

Охорона праці є невід'ємною складовою системи особистої безпеки персоналу ДПСУ, оскільки спрямована на збереження життя, здоров'я та працездатності військовослужбовців і працівників під час виконання службових обов'язків. Вона охоплює комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, що реалізуються в умовах підвищених ризиків, характерних для прикордонної служби.

Для ефективної реалізації правових вимог у підрозділах ДПСУ розробляються та впроваджуються відомчі положення, інструкції та службові документи, які конкретизують загальні вимоги законодавства під специфіку служби, умов охорони державного кордону, несення служби в нарядах та виконання спеціальних завдань. Це дозволяє забезпечувати захист життя і здоров'я особового складу, мінімізуючи ризики травматизму, стресових ситуацій та професійних небезпек, регламентує безпечні умови проходження служби, використання зброї, техніки, інженерних споруд, спеціальних засобів. Дотримання цих норм є обов'язковою умовою забезпечення особистої безпеки прикордонників.

З організаційно-управлінської точки зору охорона праці реалізується через систему управління безпекою служби, проведення інструктажів, навчань і тренувань з безпечних методів роботи, контроль за станом умов праці та службової дисципліни. Особливе значення має планування заходів безпеки під час несення служби в нарядах, на контрольно-пропускних пунктах, у зоні бойових дій або під час виконання спеціальних завдань.

Інформаційна складова охорони праці передбачає доведення до особового складу актуальної інформації про можливі небезпеки, порядок дій у надзвичайних ситуаціях, вимоги безпеки при роботі з технічними засобами та озброєнням, а також формування культури безпечної поведінки. Вона передбачає недопущення несанкціонованого доступу до конфіденційної, службової чи особистої інформації.

Техногенна та пожежна безпека в системі охорони праці в ДПСУ спрямовані на запобігання травматизму та аваріям під час експлуатації транспортних засобів, озброєння, інженерної та спеціальної техніки, а також на попередження пожеж у службових приміщеннях, казармах і на об'єктах інфраструктури.

Психологічна та фізична безпека в межах охорони праці полягають у підтриманні належного психофізіологічного стану особового складу, профілактиці перевтоми, професійного вигорання та стресових розладів, що безпосередньо впливають на рівень особистої безпеки під час виконання службово-бойових завдань.

Отже, охорона праці в ДПСУ виступає комплексним елементом системи особистої безпеки, який поєднує нормативне регулювання, організаційні заходи, технічні рішення та підготовку особового складу. Її ефективна реалізація є необхідною умовою зниження рівня професійних ризиків і забезпечення безпечного та результативного виконання завдань із охорони державного кордону України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Парасюк В. М., Євхутич І. М. Охорона праці у трудових відносинах під час воєнного стану: правові та практичні аспекти. Успіхи і досягнення у науці. 2025. № 10. С. 205–220.
2. Конституція України від 28 червня 1996 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
3. Про охорону праці : Закон України від 14 жовтня 1992 р. № 2694-ХІІ.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
4. Кодекс законів про працю України від 10 грудня 1971 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
5. Про Державну прикордонну службу України : Закон України «» від 03.04.2003 р. № 661-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/661-15>

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РЕАГЕНТНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У МОДУЛЬНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ УСТАНОВКАХ

Шестопалов О. В., к.т.н., професор,

Босюк А. С., PhD,

Шкоп А. О., к.т.н.,

Кулініч С. С.,

Хан Цзі

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Сучасні промислові стічні води характеризуються високою полідисперсністю завислих речовин, що ускладнює їх ефективне очищення традиційними методами. Полідисперсні шлами, утворені внаслідок коагуляції та флокуляції, мають неоднорідний гранулометричний склад, низьку міцність агрегатів і високу вологість осаду, що призводить до значних витрат енергії на зневоднення та великого об'єму вторинних відходів [1]. Інтенсифікація цих процесів вимагає переходу від статичних до динамічних, адаптивних систем, зокрема модульних установок, які інтегрують агрегатоутворення, фазове розділення та автоматичне керування.

Систематичний огляд літератури дозволяє виявити прогалини в модульних системах реагентного очищення та зневоднення шламів. Розроблено методологію підбору коагулянтів і флокулянтів (неорганічних, полімерних, гібридних) за критеріями сумісності, ефективності (швидкість осідання флокул) та екологічної безпеки [2, 3]. Лабораторні джар-тести з модельними та реальними полідисперсними суспензіями забезпечують оптимізацію доз реагентів, рН, режимів змішування, оцінку видалення завислих речовин, прозорості освітленої рідини, вологості осаду, швидкості осадження агрегатів та їх міцності [4, 5].

Загальна схема дослідження, що ілюструє логіку та взаємозв'язки етапів, наведена на рис. 1. Вона відображає перехід від аналізу вихідних факторів до теоретичної обробки даних, оптимізації ключових процесів і, врешті, до розробки рекомендацій для модульних установок з автоматичним керуванням.

Загалом схема демонструє системний підхід – від фундаментального аналізу факторів (через оптимізацію ключових процесів, таких як агрегатоутворення, змішування, осадження та зневоднення) до інженерних рекомендацій для модульних енергоефективних систем, що адаптуються до різних промислових стоків і зменшують екологічний вплив. Це забезпечує перехід від традиційних статичних методів до інтегрованих модульних рішень з автоматичним керуванням.

Запропонована схема дослідження описує послідовний і логічний ланцюг етапів від вивчення факторів до практичного впровадження модульних установок для реагентного очищення стічних вод та зневоднення полідисперсних шламів.

Розроблені рекомендації щодо проєктування та впровадження модульних енергоефективних установок можуть бути використані для модернізації існуючих очисних споруд промислових підприємств, а також для створення нових компактних, масштабових рішень у сфері очищення стічних вод різного походження. Отримані результати відкривають шлях до переходу від емпіричних до науково обґрунтованих, адаптивних технологій реагентного очищення та зневоднення полідисперсних шламів, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та циркулярної економіки.

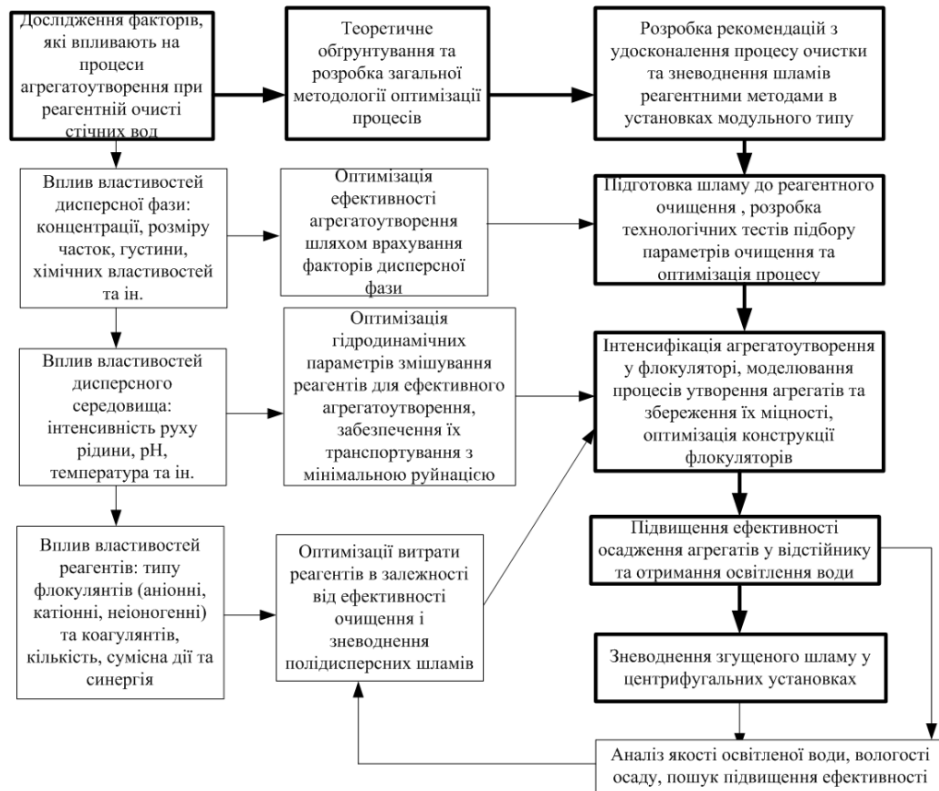


Рисунок 1 – Загальна схема дослідження інтенсифікації реагентного очищення стічних вод у модульних енергоефективних установках

Можна зробити висновок, що інтенсифікація реагентного очищення стічних вод від завислих речовин та зневоднення полідисперсних шламів можлива й ефективна за умови переходу від традиційних статичних технологій до динамічних, адаптивних модульних систем. Системне поєднання лабораторних джар-тестів, аналізу полідисперсності, оптимізації гідродинамічних режимів змішування, підбору реагентів та пілотних випробувань дозволить встановити ключові фактори, що визначають ефективність агрегатоутворення, осадження та подальшого зневоднення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shkop, A., Tseitlin, M., Shestopalov, O. (2016). Exploring the ways to intensify the dewatering process of polydisperse suspensions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6(10 (84)). 35–40. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.86085.
2. Lucas, M. S., Teixeira, A. R., Jorge, N., Peres, J. A. (2025). Industrial Wastewater Treatment by Coagulation–Flocculation and Advanced Oxidation Processes: A Review. *Water*. 17(13). 1934. DOI: 10.3390/w17131934.
3. Treviño-Reséndez, J., Medel, A., Mijaylova, P., Meas, Y. (2023). Coagulation/flocculation and electrocoagulation methods for oily wastewater treatment. *Advanced Technologies in Wastewater Treatment*. 173–212. DOI: 10.1016/b978-0-323-99916-8.00013-4.
4. Ennawaoui, A., Rachidi, M. B., Guennouni, N., Mousaid, I., Daoud, M. A., Mastouri, H., Ennawaoui, C., Chhiti, Y., Laayati, O. (2025). Water Treatment Technologies: Development of a Test Bench for Optimizing Flocculation-Thickening Processes in Laboratory Applications. *Processes*. 13(1). 198. DOI: 10.3390/pr13010198.
5. Pivokonský, M., Novotná, K., Čermáková, L., Petříček, R. (2022). Jar Tests for Water Treatment Optimisation. DOI: 10.2166/9781789062694.

ВПЛИВ ТОКСИЧНИХ СКЛАДОВИХ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ НА ҐРУНТОВО-ВОДНІ СИСТЕМИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Ямпольський Е. О.,

Босюк А. С., PhD

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Війна, розпочата російською агресією проти України з 2022 року, спричинила безпрецедентні масштаби руйнувань житлової, промислової та критичної інфраструктури. За оцінками експертів, утворилося від 10 до 15 млн т будівельного сміття воєнного походження, значна частина якого містить токсичні компоненти: важкі метали (свинець, кадмій, хром, мідь, цинк), азбест, поліхлоровані біфеніли, залишки вибухових речовин, пінополістирол з антипіренами тощо. Такі відходи, накопичуючись стихійно на тимчасових звалищах або безпосередньо на ґрунтах, створюють довготривалі джерела забруднення [1].

Токсичні речовини з будівельного сміття мігрують у ґрунтово-водні системи через вимивання дощовими та талими водами, фільтрацію та ерозію. Важкі метали акумулюються у верхніх горизонтах ґрунту (0–30 см), перевищуючи ГДК у 5–50 разів на територіях інтенсивних бойових дій, що призводить до зниження родючості, пригнічення мікробіоценозу та порушення трофічних ланцюгів [2]. Азбестові волокна та органічні токсиканти (наприклад, з фарб, клеїв, утеплювачів) проникають у підземні води, забруднюючи водоносні горизонти та поверхневі водойми (особливо в басейнах Дніпра, Сіверського Дінця, малих річок східних та південних регіонів).

Дослідження показують, що воєнне будівельне сміття посилює ефект кумулятивного забруднення: рН ґрунтів знижується, вміст рухомих форм металів зростає, а в водних об'єктах фіксується перевищення ГДК за Pb, Cd, Cr та нафтопродуктами. Це загрожує питному водопостачанню, іригаційному землеробству та здоров'ю населення через біоаккумуляцію в харчових ланцюгах.

Для мінімізації ризиків необхідні [3, 4]:

- інвентаризація та класифікація відходів руйнувань за рівнем небезпеки;
- створення тимчасових ізольованих майданчиків зберігання з геомембранами;
- впровадження технологій рециклінгу (дроблення, сортування, видалення азбесту);
- моніторинг ґрунтів і вод (в т.ч. біоіндикація);
- розробка нормативів поведінки з відходами воєнного походження.

Автори [1–5] детально розглядають екологічні загрози та ризики екоциду, які виникають через масштабні руйнування міської інфраструктури внаслідок військових дій. Основна увага приділяється впровадженню технологій рециклінгу, що дозволяють повторно використовувати відходи для майбутньої післявоєнної відбудови (рис. 1). Зокрема, рециклінг будівельних відходів руйнувань (бетон, цегла, металеві конструкції, скло тощо) дає змогу скоротити обсяги захоронення, зменшити навантаження на полігони, знизити потребу у видобутку первинної сировини та запобігти подальшій міграції токсичних компонентів (важких металів, азбесту, антипіренів) у ґрунти та водні об'єкти.

Рециклінг будівельних відходів: Від воєнних руйнувань до сталого відновлення

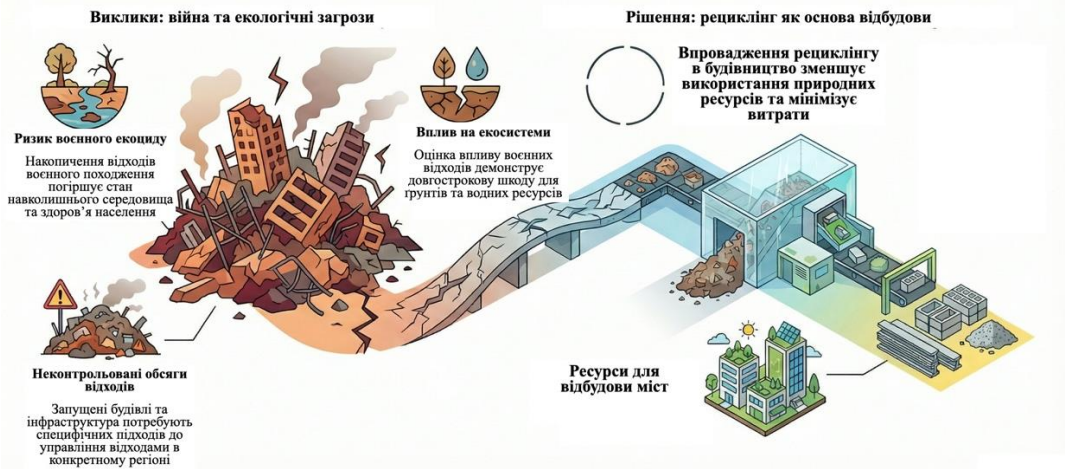


Рисунок 1 – Вплив будівельних відходів на навколишнє середовище та роль рециклінгу у зменшенні екологічних ризиків

Такий підхід не лише мінімізує довгострокові екологічні ризики, але й сприяє переходу до принципів циркулярної економіки в процесі відновлення зруйнованих територій, де вторинні матеріали можуть становити значну частку в новому будівництві [5].

Отже, для ефективної реалізації такого підходу необхідні комплексні заходи: державна підтримка інфраструктури переробки, чіткі нормативи поводження з відходами руйнувань, регулярний екологічний моніторинг забруднених територій та інтеграція принципів циркулярної економіки в національні програми повоєнної відбудови.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антонюк Н. А., Костюк В. Р. Рециклінг будівельних відходів під час війни в Україні. Актуальні проблеми економіки. 2024. № 7. С. 130–142. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-277-130-142.
2. Духневич А. В. Екологічні наслідки війни: оцінка впливу відходів на навколишнє середовище. Аналітично-порівняльне правознавство. 2025. № 1. С. 347–352. DOI: 10.24144/2788-6018.2025.01.55.
3. Шишкін Е., Гайко Ю., Черноусова Т. Шляхи рециклінгу будівельного сміття під час післявоєнної відбудови зруйнованих міст. Містобудування та територіальне планування. 2024. (85). 679–697. DOI: 10.32347/2076-815x.2024.85.679-697.
4. Сафранов Т., Приходько В., Корбут М. Особливості поводження з відходами будівництва та зносу в регіонах України. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». 2024. № 2. С. 75–84. DOI: 10.32782/2786-5681-2024-2.09.
5. Фісуненко П., Герасимова О. Напрями зменшення ризиків воєнного екоциду за допомогою рециклінгу будівельних відходів в девелопменті нерухомості. Економіка та суспільство. 2022. (45). DOI: 10.32782/2524-0072/2022-45-41.

ВИДОВИЙ СКЛАД РОСЛИН ДЛЯ САДІВ НА ШТУЧНИХ ОСНОВАХ В МІСТІ КИЄВІ

*Яценко Я. В.¹,
Колесніченко О. В.², д.б.н., професор,
Каверин К. О.³, к.т.н., доцент,
Бондаренко О. П.⁴, к.т.н., доцент*

^{1,2}Національний університет біоресурсів і природокористування України,

^{3,4}Київський національний університет будівництва і архітектури

Інтенсивна урбанізація та ущільнення забудови сучасних міст супроводжуються скороченням площ природних зелених територій, підвищенням температури повітря, формуванням ефекту «теплового острова» та зростанням екологічного навантаження на урбанізовані екосистеми. За таких умов особливого значення набуває інтеграція озеленення у структуру щільної міської забудови, зокрема через створення садів на штучних основах, що формуються на покрівлях, терасах, стилобатах і перекриттях підземних споруд [1].

Сади на штучних основах виконують комплекс екологічних, мікрокліматичних, санітарно-гігієнічних та соціальних функцій: зменшують поверхневий стік, покращують теплоізоляційні характеристики будівель, сприяють зниженню концентрації пилу та формуванню сприятливого психоемоційного середовища [2]. Водночас їх ефективність безпосередньо залежить від правильно сформованого видового складу рослин, що повинен враховувати специфіку обмеженого кореневого простору, товщину субстрату, вітрове навантаження, температурні коливання та нерівномірність зволоження.

У кліматичних умовах міста Києва, що характеризуються континентальністю, літніми періодами посухи та значними сезонними амплітудами температур, підбір рослин для садів на штучних основах потребує особливої екологічної обґрунтованості.

Попри активне впровадження садів на штучних основах у новій житловій та громадській забудові Києва, питання оптимізації їх видового складу залишається недостатньо систематизованим. Більшість реалізованих проєктів орієнтовані переважно на естетичні критерії, тоді як екологічна стійкість, адаптивність та біорізноманіття не завжди виступають визначальними чинниками формування асортименту.

У зв'язку з цим актуальним є аналіз фактичного видового складу рослин у садах на штучних основах міста Києва з позицій екологічної адаптованості, таксономічної структури, життєвих форм та функціональної ролі насаджень.

Порівняльний аналіз покрівельних садів ЖК «Tetris Hall», ЖК «Jack House» та НДСЛ «Охматдит» спрямований на виявлення відмінностей у структурі видового складу, інтенсивності використання окремих таксонів та рівні їх відповідності кліматичним і конструктивним умовам м. Києва (USDA 6a – 6b). Оцінювання здійснювалося за такими показниками: представленість видів у кожному об'єкті, співвідношення біоморфологічних груп, частка контейнерного озеленення, адаптивність до вітрових і температурних навантажень, частка аборигенних або натуралізованих видів, а також рівень узгодженості асортименту з експлуатаційними умовами [3]. Такий підхід дозволяє перейти від описової характеристики до структурної інтерпретації видового складу (таблиця 1).

Таблиця 1 – Структурна представленість основних видів рослин у досліджених об'єктах та їх рекомендаційна оцінка для умов м. Києва

Вид/група	Tetris	Jack	Охматдит	Клімат	Рекомендовано
<i>Sedum spp.</i>	+	+	+	висока	так
<i>Thymus serpyllum</i>	+	+	+	висока	так
<i>Festuca glauca</i>	++	++	+	висока	так
<i>Echinacea purpurea</i>	++	++	+	сер. / вис.	обмежено
<i>Salvia nemorosa</i>	++	++	+	висока	так
<i>Nepeta × faassenii</i>	++	++	+	висока	так
<i>Calamagrostis acutiflora</i>	++	++	+	висока	так
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	+	+	–	середня	обмежено
<i>Spiraea japonica</i>	++	++	+	висока	так
<i>Berberis thunbergii</i> (карл.)	++	+	–	висока	обмежено
<i>Juniperus horizontalis</i>	+	+	+	висока	так
<i>Pinus mugo</i>	+	++	+	висока	так
<i>Acer ginnala</i>	+	+	+	висока	контроль
<i>Betula nana</i>	+	+	+	висока	так

Умовні позначення:

- ++ домінуюче або стабільне використання (вид формує помітну частку насаджень);
- + обмежене або епізодичне застосування (вид представлений, але не є структуроутворюючим);
- відсутній або не рекомендований до використання.

Висновки. Порівняльний аналіз виявив відмінності у використанні біоморфологічних груп. ЖК «Tetris Hall» і «Jack House» характеризуються високою часткою декоративних багаторічників і злаків (*Salvia nemorosa*, *Nepeta × faassenii*, *Calamagrostis acutiflora*), тоді як у НДСЛ «Охматдит» їх застосування є стриманішим і функціонально орієнтованим. У «Jack House» переважають контейнерні дерева (*Pinus mugo*, *Acer ginnala*), в «Охматдиті» – безпечні кущові та ґрунтопокривні види. Водночас у всіх об'єктах частка ґрунтопокривних рослин недостатня для формування стабілізаційного шару.

Запропоновано авторську модель оптимального асортименту для м. Києва (зона б а – б б), що передбачає збільшення частки ксеромезофітів і ґрунтопокривних форм, обмеження контейнерного озеленення та підвищення частки аборигенних видів для зменшення залежності від зрошення й посилення екологічної стійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rodrigues, M., Arsénio, P., Páco, T. A. (2024). The use of drought-tolerant vegetation on green roofs: A method for the digital photographic monitoring of its development. *Horticulturae*. 10 (1). 106. DOI: 10.3390/horticulturae10010106.
2. Matos Silva, C., Oliveira Cruz, C., Teotónio, I. (2019). Project Genesis: An all-inclusive model to perform cost-benefit analysis of green roofs and walls. *European Journal of Sustainable Development*. 8 (3). 85. DOI: 10.14207/ejsd.2019.v8n3p85.
3. Herasymchuk, L. O., Valerko, R. A., Veselskyi, O. O. (2024). Advantages of green roofs and their calculation. *Agrarian Innovations. Series: Land Reclamation. Agriculture. Crop Production*. 23. 48–57. DOI: 10.32848/agrar.innov.2024.23.7.

OCCUPATIONAL INJURIES DURING WORK IN CONFINED SPACES OF SEWERAGE SYSTEMS

*Bryhada O. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
National University of Civil Protection of Ukraine*

Work in confined spaces of sewerage systems is classified as high-risk due to the presence of toxic gases, limited ventilation, and the complexity of rescue operations. One of the most hazardous factors is hydrogen sulfide (H₂S), produced through the anaerobic decomposition of organic matter in sewer networks [1–3].

Despite the existence of occupational safety regulations and established requirements for performing gas-hazardous work, occupational injuries related to H₂S poisoning remain a pressing issue for public utility enterprises.

Hydrogen sulfide is a colorless gas with a characteristic “rotten egg” odor and exhibits pronounced neurotoxic and general toxic effects. Its danger lies in rapid absorption through the respiratory tract, inhibition of cellular respiration, paralytic action on the respiratory center, and rapid loss of consciousness at high concentrations.

A particularly hazardous phenomenon is the so-called “pseudo-safety” effect: at concentrations above 100–150 ppm, olfactory nerve paralysis occurs, and workers can no longer detect the gas, creating the illusion that it is absent. Concentrations exceeding 700–1000 ppm can cause instantaneous loss of consciousness and death within minutes [3].

Analysis of statistical data from water supply and sewerage enterprises over 2020–2025 indicates that toxic gas poisoning accounts for a leading share of fatal occupational injuries during emergency repair and recovery operations (Fig. 1) [4].

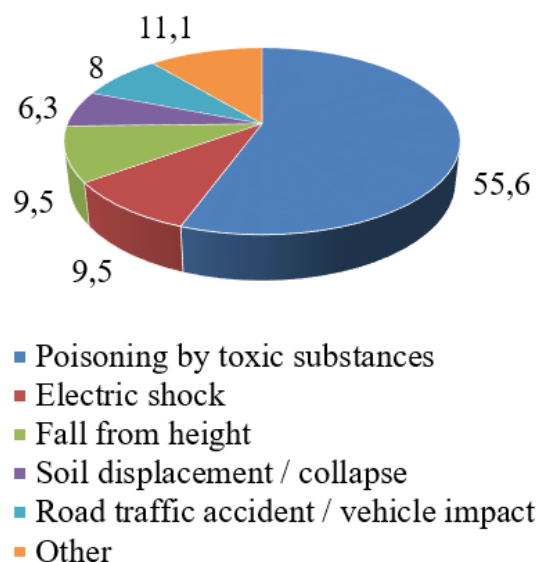


Figure 1 – Main causes of fatal accidents at sewerage facilities (2020–2025), %

The percentage of victims who survived toxic gas poisoning is 77,8 %. Typical characteristics of these accidents include sudden onset, group exposure (rescue attempts without

personal protective equipment), high fatality rates, and insufficient or absent monitoring of the gas–air environment before work commencement.

Mandatory risk mitigation measures at sewerage facilities include:

- preliminary instrumental monitoring of air quality;
- forced ventilation;
- use of self-contained breathing apparatus;
- organization of safety supervision and rescue readiness;
- systematic personnel training.

Thus, hydrogen sulfide present in sewerage systems is among the most dangerous toxic factors during confined space operations. Its rapid toxic effect and potential to cause immediate loss of consciousness contribute to a high incidence of fatal occupational injuries.

Statistical analysis confirms the predominance of poisoning in the structure of accidents during emergency operations. Implementing a risk-oriented approach, including a risk assessment matrix and clear hazard ranking, is an effective preventive measure.

Systematic application of technical, organizational, and training measures significantly reduces occupational risk and prevents group fatal incidents.

REFERENCES

1. Бригада О. В. Шляхи запобігання надзвичайним ситуаціям на бетонних спорудах водовідведення: монографія. Харків: НУЦЗУ, 2022. 132 с.
2. Aerbusili, G., Mengdi, Sh., Xiangxing, Z., Xiangdong, J. (2023). Case report: Analysis of a case of hydrogen sulfide poisoning in a waste treatment plant. *Frontiers in Public Health*. 11. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1226282.
3. United States Department of Labor. Hydrogen Sulfide Hazards. URL: <https://www.osha.gov/hydrogen-sulfide/hazards>
4. Державна служба України з питань праці. Оперативна інформація про нещасні випадки: офіційний вебсайт. URL: <https://dsp.gov.ua/operatyvna-informatsiia/>

PSYCHOSOCIAL RISKS AND MENTAL HEALTH OF CONSTRUCTION WORKERS

*Ivashchenko M. Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
O M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv*

Psychophysiology of occupational safety is based on understanding how individual characteristics of the nervous system and mental processes affect the ability of an employee to identify danger and respond adequately to it. In the construction industry, especially in conditions of mine danger, several psychophysiological risk factors are identified that directly correlate with the likelihood of emergency events. Occupational safety of construction workers in risk zones is impossible without taking into account the risk of developing post-traumatic stress disorder (PTSD). Work in de-occupied territories is often associated with the detection of not only ammunition, but also the consequences of war destruction, which is a powerful psychotraumatic factor

According to the classification of experts, a «critical incident» in production is a sudden event that goes beyond the limits of normal human experience (for example, the explosion of equipment by a mine or the death of a colleague). Such events cause a chain reaction of symptoms, which are divided into physical, emotional, cognitive and behavioral [1].

Physical symptoms include fatigue, dizziness, chest pain, headache, and as a result, a decrease in the physical ability to perform high-risk work.

According to the classification of experts, a «critical incident» at work is a sudden event that goes beyond the limits of ordinary human experience (for example, the explosion of equipment by a mine or the death of a colleague). Such events cause a chain reaction of symptoms, which are divided into physical, emotional, cognitive and behavioral [1].

Physical symptoms include fatigue, dizziness, chest pain, headache, and as a result, a decrease in the physical ability to perform high-risk work.

Emotional symptoms include fear, guilt, anger, depression, chronic anxiety, and as a result, emotional breakdowns that destabilize the work of the entire team.

Cognitive symptoms include confusion, difficulty making decisions, nightmares, poor memory, and as a result, the inability to follow complex safety instructions.

Behavioral symptoms include social isolation, antisocial behavior, alcohol abuse, and as a result, refusal to use personal protective equipment (PPE), and violation of labor discipline.

Construction workers in conflict zones often do not have access to standardized recovery cycles, unlike military personnel. This results in PTSD in civilian workers often going undiagnosed, which increases the risk of injury on site. Studies indicate that the risk of PTSD in workers who have experienced a workplace injury is 3.18 times higher than in the general population [2].

The period of recent years has become a time of active implementation of Industry 4.0 technologies in labor protection. This has become a kind of technological innovation in the management of psychophysiological risks. To minimize the human factor in conditions of mine danger, virtual reality (VR) systems and biometric monitoring in real time are actively used today. VR simulators are used to form safe behavior, and biometric monitoring of the employee's condition allows for constant control during the work process [3, 4].

Using VR allows construction workers to practice mine threat recognition skills without real-life risk. Modern platforms integrate laser scanning (LiDAR) data to create hyper-realistic digital twins of construction sites. The main advantage of VR is the formation of «danger intuition». By immersing yourself in a virtual environment, the worker's brain activates the amygdala (the center of emotions), which creates lasting memories of the consequences of

dangerous behavior. Studies confirm that virtual «near-misses» (situations where a worker almost blew up in VR) form much stronger safety skills than traditional briefings [3].

Biometric monitoring of the worker's condition, namely: a smart helmet, biometric vests and heart rate monitors, allows supervisors to see the condition of each person in real time. For example, an indicator such as electrodermal activity measures the activity of sweat glands, which in turn allows for an early marker of cognitive stress and fright. The biometric indicator «heart rate (HR)» measures the heart rate and shows the physical exhaustion and emotional tension of workers. Electromyography measures and displays the activity of the forearm muscles, which allows predicting the fatigue threshold with an accuracy of up to 92%. Eye-tracking measures the movement of the pupils and fixation of the gaze, which allows determining whether the worker has noticed a threat in the field of vision. Systems based on artificial intelligence analyze heart rate variability, skin temperature and electrodermal activity to detect signs of critical fatigue or overload [4].

In recent years, Ukrainian legislation in the field of labor protection has been actively harmonized with European standards and the International Mine Action Standards (IMAS), which, although focused on helping victims, contains important recommendations on psychological support for personnel working in contaminated areas. Labor protection at the current stage includes a program of «Psychosocial Support at the Workplace». This is not just a formality, but a set of tools for destigmatizing mental problems. Construction company managers must understand that they are not psychologists, but their role is to be «guides» who notice changes in the employee's behavior in time and refer him to specialists. Recommendations for managing safety and mental health of workers in the construction industry may include: organizing training (for example, managers and foremen should have «psychological first aid» skills); creating a safe climate in the team (for example, open discussion of stressors reduces the level of anxiety in the team); adjusting work schedules (for example, avoiding long business trips without the possibility of returning to their families, which is significant for the mental health of employees working away from home), etc.

Thus, it can be said that the assessment of psychosocial risks and the state of occupational safety of construction workers demonstrates that in recent years, traditional approaches to safety have been insufficient in conditions of high mine threat. The main requirement of the time is the transition to a «smart» occupational safety system, which is based on three main components: psychophysiological suitability, technological integration and psychosocial support. Taking into account individual psychophysiological characteristics allows not only to reduce the level of injuries, but also to increase the overall productivity of reconstruction processes.

REFERENCES

1. Critical Incident Stress Guide. U.S. DEPARTMENT OF LABOR. URL: <https://www.osha.gov/emergency-preparedness/guides/critical-incident-stress> (date of application: 25.02.2026).
2. Petereit-Haack, G., Bolm-Audorff, U., Romero Starke, K., Seidler, A. (2020) Occupational Risk for Post-Traumatic Stress Disorder and Trauma-Related Depression: A Systematic Review with Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*. 17(24). 9369. DOI: 10.3390/ijerph17249369 (date of application: 25.02.2026).
3. Reducing Underground Hazards (How VR Hazard Simulation is Reducing LTI Rates in Australian Underground Mines). URL: <https://viewport.com.au/post/how-vr-hazard-simulation-is-reducing-lti-rates-in-australian-underground-mines/> (date of application: 26.02.2026).
4. Aditya Pandit (2025). Integrating Wearable AI Technology for Construction Worker Safety A Framework for Real-Time Health, Fatigue, and Risk Monitoring. *International Journal on Science and Technology*. 16. 1. DOI: 10.71097/IJSAT.v16.i1.3154 (date of application: 26.02.2026).

**DETERMINATION OF THE HEAT CAPACITY, ENTHALPY AND ENTROPY OF
THE NITROGEN AS A WORKING BODY OF A PISTON CRYOENGINE AS
ECOLOGICAL AND TECHNOGENIC SAFETY PRODUCT OF SORPTION METAL
HYDRIDE TECHNOLOGIES**

*Kondratenko O. M.¹, Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Umerenkova K. R.¹, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Koloskov V. Yu.¹, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Koloskova H. M.², Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Lytvynenko O. O.¹, Candidate of Sciences (Philology), Associate Professor*
¹National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine,
²National Aerospace University «KhAI» of MES of Ukraine

The technogenic and ecological safety of the operation of vehicles with reciprocation internal combustion engines (RICEs), including fire-fighting and emergency rescue equipment units of the State Emergency Service of Ukraine, both during martial law and in the perspective of post-war reconstruction, has naturally determined limitations in terms of fuel and ecological efficiency. In principle, it is possible to overcome such limitations only through radical innovations in the use of RICEs, for example, by using hybrid drive schemes and converting them to consume alternative and renewable types of motor fuel – biofuels, hydrogen [1–5], as well as by using piston cryopreventive engines, the working medium of which is chemically neutral, non-scarce, fire- and explosion-safe, non-toxic, inexpensive gas in production, for example, nitrogen [6]. Since it is difficult to obtain the exact values of the thermodynamic characteristics of such a working medium, necessary for accurate modeling of the working process of a pneumatic engine, for all its possible modes of operation and mutual transformations of energy and work, and states of phase equilibrium experimentally, or even from the reference literature, various mathematical models have become widespread to describe such characteristics, among which a special place is occupied by the modified thermodynamic theory of perturbations, which was used in the first part of this comprehensive study [6]. It should be noted that obtaining nitrogen, free from foreign impurities, is not only possible by cryogenic methods, but also rational methods of selective adsorption using metal hydride technologies [7, 8].

The paper presents an improved mathematical model and outlines, interprets, and illustrates the results of its application to determine such thermodynamic characteristics of nitrogen as a working fluid of a reciprocation cryoengine as heat capacity, enthalpy, and entropy, which, along with the conditions of phase equilibria at the boundary of its liquid and gaseous states was determined in the previous part of this comprehensive study [6]. Based on the above results, a list of practical recommendations for increasing the level of technogenic, environmental, and fire safety of vehicle operation is formulated.

This study has been carried out as a part of the scientific and research work «Development of a methodology for complex assessment of the impact of exploitation and application of special equipment on the environment in conditions of military aggression» (SR № 0124U000374) as well as Non-Resident Academic Associates program of the Virginia Commonwealth University and the Harvard University in 2025–2026 academic year.

REFERENCES

1. Kondratenko, O. M., Umerenkova, K. R., Lievtierov, A. M., Stokov, O. P., Koloskov, V. Yu. (2023). Improving the mathematical description of the thermophysical properties of

alternative motor fuels based on modified thermodynamic perturbation theory. Part 1. Internal Combustion Engines. 1. 25–32. DOI: 10.20998/0419-8719.2023.1.04.

2. Kondratenko, O. M., Umerenkova, K. R., Lievtierov, A. M., Stokov, O. P., Koloskov, V. Yu. (2023). Improving the mathematical description of the thermophysical properties of alternative motor fuels based on modified thermodynamic perturbation theory. Part 1. Internal Combustion Engines. 2. 54–63. DOI: 10.20998/0419-8719.2022.2.07.

3. Umerenkova, K., Borysenko, V., Kondratenko, O., Lievtierov, A. (2023). Determination of Thermophysical Properties of Alternative Motor Fuels as an Environmental Aspect of Internal Combustion Engines. Engineering Innovations. 7. 51–59. DOI: 10.4028/p-4VM7ff.

4. Kondratenko, O. M., Umerenkova, K. R., Koloskov, V. Yu., Koloskova, H. M., Stokov, O. P., Lytvynenko O. O. (2023). Development and generalization of the method for calculating thermodynamic properties and phase equilibrium in hydrocarbon mixtures as fuels for reciprocating ICE with the purpose of their ecologization. Technogenic and ecological safety. 14(2/2023). 3–15. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.1.

5. Umerenkova, K., Borysenko, V., Kondratenko, O., Koloskov, V., Stokov, O., Lytvynenko O. (2024). Study of the role of alternative fuels in the energy balance of Ukraine and the countries of the European Union during armed aggression and in the post-war reconstruction of the country's economy and infrastructure. Technogenic and ecological safety. 15(1/2024). 15–35. DOI: 10.52363/2522-1892.2024.1.2.

6. Kondratenko, O. M., Umerenkova, K. R., Lievtierov, A. M., Stokov, O. P., Koloskov, V. Yu., Lytvynenko, O. O. (2024). Ensuring ecological and fire safety during the operation of motor vehicles based on piston pneumatic and cryo engines using nitrogen. Internal Combustion Engines. 1. 76–83. DOI: 10.20998/0419-8719.2024.1.10.

7. Umerenkova, K., Kondratenko, O., Koloskova, H., Lytvynenko, O., Borysenko, V. (2024). Using of Hydrogen Sorption Storing Technology based on Metal Hydrides for Cooling of High-Power Electric Generators with Steam Turbines. Advances in Science and Technology. 156. 103–115. DOI: 10.4028/p-M1k2Ya.

8. Kondratenko O., Umerenkova K., Koloskov V., Lytvynenko O., Koloskova H., Borysenko V. (2025). Modeling of the efficiency of using sorption metal hydride technologies for the purification of gaseous hydrogen from accompanying impurities during its production, storage and transportation. Materials Science Forum. 1164. 109–131. DOI: 10.4028/p-UedpY9.

INVERSION OF ISOTOPIC EFFECT IN MATHEMATICAL MODELLING OF PHASE DIAGRAMS IN $\text{LaNi}_5\text{-H}_2(\text{D}_2)$ METALHYDRIDE SORPTION SYSTEM AS ASPECT OF TECHNOGENIC AND ECOLOGICAL SAFETY

*Kondratenko O. M., Doctor of Sciences (Engineering), Professor,
Umerenkova K. R., Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Koloskov V. Yu., Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Lytvynenko O. O., Candidate of Sciences (Philology), Associate Professor,
Borysenko V. H., Candidate of Sciences (Phys.-Math.), Associate Professor
National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine*

The technogenic and ecological safety of the operation of vehicles with reciprocation internal combustion engines (RICE), including fire-fighting and emergency rescue equipment units of the bodies and divisions of the State Emergency Service of Ukraine, both during martial law and in the perspective of post-war reconstruction, requires the implementation of the results of modern scientific research on the production, storage and safe use as motor fuel of various types of renewable sources of chemical energy, alternative to traditional ones of mineral (oil) origin, for example, hydrogen as the most environmentally friendly, high-calorie and promising fuel, but at the same time fire and explosion-hazardous.

For one of the most fire- and explosion-hazardous stages of the life cycle of hydrogen as a motor fuel – accumulation and storage on board gas stations and the vehicle itself – metal hydride technologies are mainly used, i.e. sorption of hydrogen isotopes – protium H, deuterium D and tritium T – by crystal lattices of certain intermetallic compounds (IMC), for example LaNi_5 [1].

The paper shows that modeling phase transitions in IMC- H_2 systems based on the updated mathematical apparatus of the modified thermodynamic perturbation theory allows for a physically correct description of the main features of the phase diagrams of IMC- H_2 systems in a wide range of pressure values of hydrogen isotopes, mainly protium H and deuterium D [2], which allows, for example, to describe the processes of cooling powerful electric generators with hydrogen (see paper [3]), the process of separating hydrogen isotopes from each other and purifying hydrogen from impurity gases (see paper [4]). At the same time, the obtained data on the thermodynamic parameters of the α - β transition make it possible to describe such a complex physical phenomenon as the inversion of the isotope effect in the thermodynamic system $\text{LaNi}_5\text{-H}_2(\text{D}_2)$, which is important for modeling and further design of fuel supply systems for internal combustion engines converted to a gas or gas-diesel operating cycle with the consumption of pure hydrogen or its mixtures as motor fuel. Data were also obtained on the solubility of hydrogen isotopes, mainly protium H and deuterium D, in the crystal lattice of the LaNi_5 IC at pressures up to 500 atm and the parameters of the critical point of α - β -equilibriums, experimental data on which are completely absent. The study proposes a computational procedure that does not use correction parameters or empirical correlations and relies only on the atomic characteristics of the hydrogen subsystem and the IMC-matrix, which are clearly understood from a physical point of view and well studied.

The relevance of the research topic is determined by a number of regulatory and legal acts [5–10].

This study has been carried out as part of the scientific and research work «Development of a methodology for complex assessment of the impact of exploitation and application of special equipment on the environment in conditions of military aggression» (SR № 0124U000374) as well as Non-Resident Academic Associates program of the Virginia Commonwealth University and the Harvard University in 2025–2026 academic year.

REFERENCES

1. Umerenkova, K. R., Borysenko, V. G. (2022). Prospects for the use of alternative fuels and methods of determining their thermophysical characteristics: monograph. Kharkiv, NUCDU, 92 p. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14119>
2. Marinin, V. S. Shmalko, Yu. F. Umerenkova, K. R. (2007). Simulation of phase diagrams in LaNi₅-H₂(D₂) system and inversion of isotopic effect. *Functional Materials*. 14. 4. 492–497. URL: <https://functmaterials.org.ua/contents/14-4/fm144-04.pdf>
3. Umerenkova, K., Kondratenko, O., Koloskova, H., Lytvynenko, O., Borysenko, V. (2024). Using of Hydrogen Sorption Storing Technology based on Metal Hydrides for Cooling of High-Power Electric Generators with Steam Turbines. *Advances in Science and Technology*. 156. 103–115. DOI: 10.4028/p-M1k2Ya.
4. Kondratenko O., Umerenkova K., Koloskov V., Lytvynenko O., Koloskova H., Borysenko V. (2025). Modeling of the efficiency of using sorption metal hydride technologies for the purification of gaseous hydrogen from accompanying impurities during its production, storage and transportation. *Materials Science Forum*. 1164. 109–131. DOI: 10.4028/p-UedpY9.
5. Decree of the President of Ukraine № 722/2019 dated 30.09.2019 «On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
6. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 476 of 30.04.2024 «On approval of the list of priority thematic areas of scientific research and scientific and technical developments for the period until December 31 of the year following the termination or abolition of martial law in Ukraine». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/476-2024-%D0%BF#Text>
7. Energy Security Strategy, approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 907-r dated 04.08.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/907-2021-%D1%80#Text>
8. Strategy of Environmental Security and Adaptation to Climate Change for the Period Until 2030, approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 1363-r dated 20.10.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text>
9. National Transport Strategy of Ukraine for the period until 2030, approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 430-r dated 30.05.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>
10. Order of the State Emergency Service of Ukraine № 618 dated 20.09.2013 «On approval of the Regulations on the organization of environmental support of the State Emergency Service of Ukraine». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0618388-13#Text>

STEAM-THERMAL MODIFICATION OF HEMP FIBER TO IMPROVE THE PERFORMANCE PROPERTIES OF TEXTILE PACKAGING

*Shvets G. S.¹, PhD, Associate Professor,
Andronov V. A.², Doctor of Technical Sciences, Professor,
Danchenko Yu. M.², Doctor of Technical Sciences, Professor,
Olijnyk H. S.¹, PhD, Associate Professor,
Kornytska L. A.¹, PhD, Associate Professor
¹Khmelnytskyi National University,
²National Academy of the National Guard of Ukraine*

The transformation of the packaging industry toward decarbonization and a circular economy necessitates actively seeking alternatives to conventional cellulosic and polymeric materials. Hemp (*Cannabis sativa* L.) is considered a promising renewable raw material due to its high biomass productivity and significant cellulose content.

Modern trends in packaging development are characterised by a transition from standardised solutions to complex structural modifications. This is due to the requirements for packaging materials' functionality and depends on the product's characteristics [1–3].

It has been established that the structural features of packaging materials are a determining factor in the formation of consumer perception, which requires a detailed study of their features, in particular, disadvantages, to best reveal the possibilities of hemp fiber in the formation of textile packaging. Modern materials science focuses on creating biocomposite structures that combine high operational reliability with low anthropogenic impact. Thus, the current scientific task is to develop packaging systems in which technical characteristics (in particular, mechanical strength and barrier properties) are harmoniously integrated with the principles of sustainable development.

In modern textile materials science, particular attention is paid to modifying bast fibres to expand their applications. However, despite its high tensile strength and inherent antibacterial properties, hemp fibre is characterized by increased stiffness and a tendency toward deformation during product exploitation. This limits its application in textile packaging, which requires dimensional stability and predictable mechanical behaviour under loading conditions.

Therefore, the development of technological approaches to the structural modification of hemp fibre aimed at optimising its mechanical and performance characteristics represents a relevant scientific task.

The aim of the work is to scientifically substantiate the use of modified hemp fiber as a basis for functional packaging composites. The research focuses on developing methods to improve the dimensional stability of the material, ensuring the integration of renewable raw materials into high-tech packaging solutions in accordance with the sustainable development strategy.

The research used industrial hemp fiber after primary mechanical processing. Steam modification was performed at a controlled temperature and duration.

It was established that the initial hemp fibre is characterized by a high cellulose content (up to 91 %) and lignin content (up to 7.9 %), providing a tensile load capacity of 13.0 cN/tex. At the same time, the elevated content of amorphous components (hemicelluloses and pectins) leads to excessive elongation at break and, consequently, to reduced dimensional stability of textile products.

Steam treatment caused partial hydrolysis of amorphous components. The results are presented in Table 1.

Table 1 – Chemical composition before and after modification

Component	Initial (%)	After treatment (%)	Change (%)
Cellulose	91.0	91.6	+0.6
Lignin	7.9	6.7	-1.2
Hemicellulose	13.0	5.0	-8.0
Pectins	8.0	3.0	-5.0
Waxes/Fats	3.0	1.0	-2.0

The reduction of amorphous components increases fibre rigidity and reduces excessive plastic deformation. In particular, steam treatment contributed to partial degradation of pectic substances (-5 %) and hemicelluloses (-8 %), thereby weakening interfibrillar bonds and structurally rearranging the fibre. The 1.2 % decrease in lignin content ensured an optimal balance between rigidity and flexibility. Simultaneously, the reduction of waxy components by 2 % improved the frictional characteristics of fibres, decreasing their tendency to slippage and excessive extension within the yarn structure.

The obtained results indicate that controlled modification of the polymer complex of hemp fibre enables regulation of its deformation behaviour without significant loss of strength. This is fundamentally important for the development of textile packaging products (eco-bags, sacks, organizers) that must withstand repeated loading cycles without loss of geometric parameters.

Results of mechanical testing are shown in Table 2.

Table 2 – Mechanical properties of hemp fibre

Property	Initial	Modified	Change
Tensile strength (cN/tex)	12.1	11.9	-1.8%
Absolute elongation (mm)	12.4	9.6	-2.8 mm
Relative elongation (%)	18.2	10.4	-7.8%
Linear density (tex)	5.8	4.2	-1.6

The decrease in elongation without significant strength loss confirms stabilization of structural behaviour.

As a result of the conducted research, it was established that steam treatment enables the production of modified hemp fibre with improved properties suitable for manufacturing high-quality textile packaging products.

REFERENCE

1. Prakash, S., Kumari, M. Chauhan, A. K. (2024). The intervention of nanotechnology in food packaging: a review. *J Mater Sci.* 59. 2585–2601. DOI: 10.1007/s10853-024-09360-7 [in English].
2. He, R., Yang, K., Yuan, Z., et al. (2025). Review: Superhydrophobic antibacterial coatings in food preservation packaging. *Journal of Maternal Sciences.* 60. 11221–11245. DOI: 10.1007/s10853-025-11115-x [in English].
3. Guira, M., Kerakra, S., Ponçot, M. et al. (2025). Melt mixing activated Zn-BDC MOF for sustainable packaging: enhancing barrier properties in PLA/PCL nanocomposites. *J Mater Sci.* 60. 17512–17530. DOI: 10.1007/s10853-025-11490-5 [in English].

MODELING OF GEO-PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF HYDROOBJECTS OF THE WATERWAY FROM THE BALTIC SEA TO THE BLACK SEA

Starodub Yu.¹, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Mykhalichko B.¹, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Kuplyovskiy B.², PhD in Physics and Mathematics,

Polcik H.³, PhD in Engineering,

Hushchak R.¹, PhD. in Engineering

Lykhodid K.¹

¹*L'viv State University of Life Safety,*

²*Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine,*

³*Foundry Research Institute, Kraków, Poland*

The paper proposes a project to study the state of the geological environment, including vegetation and, in particular, forest cover. A project is proposed to study the state of the environment using mathematical modeling methods: stress-strain state and thermal processes in geophysical studies along watercourses in the direction of the Vistula-Dniester. It is proposed to conduct research to obtain data for ecological and geophysical engineering related to civil safety on the waterway from the Black Sea to the Baltic Sea. It is expected to obtain low- and medium-resolution aerial and satellite images, in particular, data from unmanned aerial vehicles during the construction and operation of the geo-information system under development. To increase the level of safety of the population related to civil protection and fire safety on the waterway under study. To use the geophysical information system to solve problems in the river basin of the waterway from the Baltic to the Black Sea, taking into account the seismicity and thermal state of the region. Improve the informativeness, efficiency, and reliability of decision-making, allowing for the preservation of civilian objects and buildings in conditions of natural and man-made threats on the waterway of the planned canal from the Black Sea to the Baltic Sea along the Vistula-Dniester river line.

The development and testing of a geo-information system and its use in the organization of business process management is proposed.

The research analyzes the regulatory and legal framework for geo-information systems, the use of methods for monitoring information provision processes, measurements based on data from drone aircraft, decision modeling, and forecasting the results of modeling using models. The scientific novelty of the results obtained is based on the development of a geographic information system at L'viv State University of Life Safety and the development of methods for its use in studying the waterway from the Baltic to the Black Sea. Assessments of the waterway and destination areas using drone aircraft are proposed.

In the context of geophysical exploration, the line of rivers connecting the Baltic Sea with the Black Sea will be investigated. A well-known reference from published information can be found in the article (Ziolo et al., 2013; Kazanski 2016). The publications mention archaeological evidence of waterways connecting the Baltic Sea with the Black Sea.

In the late Roman period, during the Great Migration, there was a river route connecting the Pontus (Black Sea) with the Baltic Sea via the Vistula, Western Bug, and Danube rivers. The article (Kuźniar et al., 2006) provides an assessment of the navigability of the Vistula between Płock, Poland, and Warsaw, including the Żerański Canal and the lower Western Bug. It analyzes the hydrology and geomorphology of the rivers, the state of the infrastructure, and identifies restrictions on navigation. The article (Witkowski & Konrad, 2024) considers projects for the construction of a transport link from Vistula to Dniester as

infrastructure heritage. In this study, the issues of concept, implementation, environmental impact, and current status of the project remain open. An analysis of the current E40 project is provided in the article (Hurska, 2020), where the E40 project – the Gdansk-Kherson waterway – is discussed on the initiative of the EU and partner countries with the aim of creating an inland waterway through the Vistula, Western Bug, and Dnipro rivers. A report on the technical and economic feasibility and preliminary assessment of the project has also been published (Final Report, 2025). The report “Restoration of the E40 inland waterway...” draws conclusions about the route, environmental risks, budget, and infrastructure changes. According to the aforementioned source, a plan for the green restoration of the Vistula River basin (Western Bug and San River basins) was presented in Ukraine, which was developed to assess the ecological and geophysical condition of the Western Bug-Vistula River basin. First and foremost, it includes an analysis of anthropogenic impact in the context of water transport on the land part of the route.

It is proposed to carry out a research project as a continuation of scientific research conducted at L’viv State University of Life Safety. The work is aimed at solving the problem of forecasting natural disasters and man-made conditions in cases where it is necessary to obtain long-term and short-term predictions of the state of the Earth’s crust and objects along watercourses in the direction of the Vistula – Dniester from the Baltic to the Black Sea, conducting specialized computer processing and providing current information to state emergency services.

The latter is proposed to be achieved through interactive processing of observation data using drone aircraft observations. At the same time, the use of Earth monitoring systems makes it possible to predict and warn of natural disasters and cataclysms. The use of observation data in combination with emergency modeling and the combination of aerial and ground-based observation means allows for the identification and prediction of dangerous geophysical phenomena and the operational monitoring of data in threatened geological areas of the planned Baltic Sea–Black Sea waterway.

REFERENCE

1. Starodub, Y., Kuplyovskyi, B., Brych, T., Havrys, A., Yemelyanenko, S. Computer simulation of natural and technological hazards and environmental-geophysical situations. L’viv : Rastr-7, 2023. 212. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/11596>.
2. Starodub, Yu., Mykhalichko, B., Lavrenyuk, H., Kozionova, O., Polcik, H., Kuplyovskyi, B. (2024). Environmental geo-informational monitoring system for the civil and fire safety services of Ukraine. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. 2(105). 104–110.

INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF STEEL I-BEAMS WITH MINERAL WOOL FIRE INSULATION CLADDING DURING FIRE EXPOSURE

*Borsuk O. V., PhD,
Kalchenko Ya. Yu., PhD,
Oliinyk V. V., DSc, Associate Professor,
Kostyrka O. V., PhD, Associate Professor
National University of Civil Protection of Ukraine*

In modern construction practice, steel I-beams are widely used as efficient load-bearing elements in building frames, industrial facilities, and infrastructure structures due to their high strength-to-weight ratio, ease of installation, and structural reliability. However, despite these advantages, steel demonstrates pronounced sensitivity to elevated temperatures during fire exposure. When heated to temperatures of approximately 400–600 °C, the mechanical properties of steel deteriorate rapidly: both yield strength and elastic modulus decrease significantly, leading to excessive deformation and potential loss of load-bearing capacity. Consequently, ensuring the required fire resistance rating of steel structures represents one of the key objectives of structural fire safety engineering and modern performance-based design.

One of the most widely applied methods for improving the fire resistance of steel elements is the installation of fire-protective cladding systems based on mineral wool materials. Such cladding acts as a thermal insulation barrier that delays heat transfer from the fire environment to the steel surface, thereby slowing temperature rise within the structural element. Nevertheless, the effectiveness of this protection depends not only on the thermophysical characteristics of the insulation material, such as thermal conductivity and heat capacity, but also on its mechanical stability, structural integrity, and ability to maintain adhesion to the steel surface under combined thermal and mechanical actions occurring during a fire. Analyses of real fire incidents indicate that premature delamination of protective layers, formation of air gaps, cracking, or local mechanical damage may significantly accelerate steel heating and reduce the actual fire resistance time compared with calculated values.

A review of current scientific research shows that the majority of studies primarily focus on evaluating the thermal insulation performance of mineral wool systems under standard fire conditions. At the same time, degradation mechanisms of fire-protective cladding and their direct influence on the real load-bearing behaviour of steel beams remain insufficiently investigated. Existing publications rarely present comprehensive numerical models capable of simultaneously accounting for temperature-dependent material degradation, mechanical loading effects, self-weight of structural components, and nonlinear contact interaction between steel and the fire-protective layer. As a result, important failure mechanisms associated with loss of cladding integrity are often neglected in engineering fire resistance assessments.

The aim of this study is to determine the conditions under which mineral wool fire-protective cladding applied to a steel beam loses its effectiveness due to integrity failure under standard fire exposure and to evaluate the influence of this degradation process on the reduction of actual fire resistance time. Particular attention is given to identifying the initiation of delamination and its subsequent impact on heat transfer conditions at the steel–insulation interface.

The research was performed using the finite element method implemented in the LS-DYNA software environment, which enables coupled thermo-mechanical analysis under nonlinear conditions. A detailed three-dimensional numerical model of the “steel beam – mineral wool cladding” system was developed, incorporating sequential loading stages including self-weight, operational load, and temperature exposure following the standard fire curve. A 6 m long

steel I-beam (section No. 20) was modeled using shell finite elements with temperature-dependent elastic-plastic material properties defined in accordance with Eurocode 3 (Part 1-2) [1–2]. Mineral wool boards with a density of 200 kg/m³ and thickness ranging from 25 to 75 mm were represented by solid hexahedral elements incorporating nonlinear mechanical behaviour and reduced tensile resistance typical for fibrous insulation materials.

The modeling approach assumed cohesive failure of the mineral wool in the vicinity of the adhesive interface, since the adhesive bond strength exceeds the tensile strength (40 kPa) and shear strength (50 kPa) of the mineral wool itself. Contact interaction between the steel surface and insulation layer was defined using a failure criterion allowing bond degradation once critical stress values were reached. This approach enabled realistic simulation of progressive cladding detachment and gap formation during heating, reflecting physical processes observed in experimental fire tests.

During the simulation procedure, loads were applied incrementally to reproduce realistic structural behaviour. Initially, the dead weight of the steel beam together with the fire-protective system was introduced, followed by the application of operational loading conditions. Subsequently, thermal loading corresponding to the development of a standard fire was applied until structural failure criteria were reached. Such staged loading ensured accurate representation of stress redistribution occurring prior to and during fire exposure.

Simulation results demonstrated that when the integrity of the fire-protective layer is fully maintained, the limiting state of the beam according to deflection criteria occurs after 117 minutes of standard fire exposure. However, detailed analysis of the stress-strain state within the mineral wool cladding revealed the initiation of delamination much earlier, at approximately 44 minutes. The formation of an air gap reaching up to 25 mm between the steel surface and insulation layer significantly alters heat transfer conditions by introducing intensive convective heating. As a consequence, the steel temperature rapidly increases to approximately 425 °C, at which point the yield strength of steel decreases substantially and the structure approaches its limiting state. Further heating up to 967 °C leads to pronounced thermal deformation and the appearance of local buckling phenomena in cross-sectional elements.

Thus, it was established that when degradation of mineral wool cladding is taken into account, the actual loss of fire resistance occurs at 44 minutes, which is 73 minutes earlier than predicted under the assumption of perfect insulation integrity. These findings clearly demonstrate the critical influence of delamination mechanisms and contact degradation on the real fire performance of protected steel structures and highlight the limitations of simplified calculation approaches.

The obtained results confirm the necessity of incorporating integrity loss of fire-protective cladding into engineering calculations used for determining fire resistance ratings. Neglecting this factor may lead to significant overestimation of fire protection efficiency and unsafe design assumptions. Future research should therefore focus on investigating the influence of fastening systems, adhesive properties, insulation thickness optimization, and convective heat transfer within formed gaps, as well as experimental validation of numerical models, in order to improve the reliability and effectiveness of fire protection systems for steel beams.

REFERENCES

1. CEN. (2005). EN 1993-1-2: Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design. Brussels: European Committee for Standardization.
2. Ministry of Regional Development of Ukraine. (2018). DSTU 8807:2018. Steel I-beams and channels, special sections – Dimensions. Kyiv.

MODEL OF COOLING THE WALL OF A VERTICAL STEEL TANK BY A WATER FILM FLOWING DOWN ITS SURFACE

Haidai O. I.,

Borsuk O. V., PhD in Engineering,

Olînyk V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor

National University of Civil Protection of Ukraine

A common feature of all methods of supplying water for tank cooling (cooling rings, permanently installed fire monitors, mobile equipment) is the formation of a water film flowing down the wall and thereby cooling it.

When constructing a model of water film flow along the tank wall, the following assumptions are adopted.

1. The water film is completely transparent to radiation from the fire and from the wall.

2. The water film is heated by convection heat exchange with the tank wall and gives off heat to the environment by convection and radiation.

3. Due to the intense mixing caused by the turbulent nature of the flow, the temperature of the water film is the same throughout its thickness. It should be noted that in reality the water film reflects a certain part of the thermal

radiation from the fire and absorbs another part, as a result of which the wall receives a somewhat smaller amount of radiant heat from the fire. Therefore, assumption 1 corresponds to the worst-case scenario.

For gravity-driven flowing films, the following flow regimes are distinguished [104]: laminar, wavy, and turbulent.

The flow regime depends on the volumetric irrigation intensity V_s ($\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{s})$) and can be determined from equation [1].

$$\begin{cases} \frac{V_s}{v} - 12,5 = 5\eta_t \ln \eta_t - 8,05\eta_t, & 5 < \eta_t \leq 30; \\ \frac{V_s}{v} + 64 = 3\eta_t + 2,5\eta_t \ln \eta_t, & \eta_t > 30, \end{cases} \quad (1)$$

where v is the kinematic viscosity of the flowing liquid; η_t is the dimensionless film thickness:

$$\eta_t = \frac{\sqrt{\delta_c^3 g}}{v}; \quad (2)$$

δ_c is the film thickness; g is the gravitational acceleration. In this case, the turbulent flow regime corresponds to $\eta_t > 30$; the wavy regime to $5 < \eta_t < 30$; and the laminar regime to $\eta_t \leq 5$.

Expression for the water film thickness follows from (2).

$$\delta_c = \sqrt[3]{\frac{(\eta_t v)^2}{g}}.$$

Since the kinematic viscosity of water ν depends on its temperature, the thickness of the water film δ_c is a function of the volumetric irrigation intensity V_s and water temperature T_c :

$$\delta_c = \delta_c(V_s, T_c). \quad (3)$$

Analysis of this dependence shows that with increasing water temperature, the thickness of the water film decreases. This occurs due to a decrease in the kinematic viscosity of water when it is heated: an increase in water temperature from 0 °C to 100 °C leads to a decrease in the thickness of the water film by 20 % – from 0.92 mm to 0.73 mm (at a volumetric irrigation intensity $V_s = 1$ l/(m·s)).

An increase in the volumetric irrigation intensity leads to an increase in water film thickness. For example, at a water temperature of 20 °C, increasing the volumetric irrigation intensity from 0.25 l/(m·s) to 2.5 l/(m·s) results in an increase in water film thickness from 0.4 mm to 1.4 mm.

Considering that the water film thickness δ_c and its flow velocity w are related by the following relation:

$$V_s = w\delta_c, \quad (4)$$

the velocity of the flowing water film will also depend on the irrigation intensity and water temperature (Fig. 1).

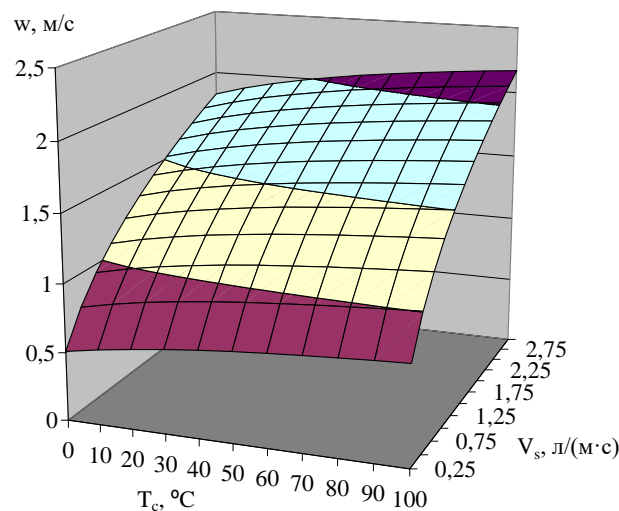


Figure 1 – Velocity of water film flow along the wall depending on the volumetric irrigation intensity V_s and water temperature T_c

Analysis of the relationship in Fig. 1 shows that the velocity of the flowing water film increases with increasing temperature and volumetric irrigation intensity. Expression (4) shows that the flow velocity of the water film increases with increasing film thickness.

REFERENCES

1. Basmanov, O., Oliinyk, V., Afanasenko, K., Hryhorenko, O., Kalchenko, Y. (2024). Building a model of oil tank water cooling in the case of fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5 (10 (131)). 53–61.

IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF EARLY FIRE DETECTION AT CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

*Sviatchenko A. O.,
Kostyrka O. V., PhD, Associate Professor
National University of Civil Protection of Ukraine*

Modern challenges related to climate change and rising average annual temperatures, alongside increasing technogenic risks due to aging infrastructure and military actions, necessitate a revision of approaches to fire protection systems. This issue is particularly acute for critical infrastructure facilities (CIFs), which include energy hubs, chemical plants, logistics centers, and extensive linear objects (power lines, gas pipelines).

Traditional fire detection methods have significant limitations. These include low-resolution satellite monitoring, periodic visual inspections by personnel, and the triggering of point smoke and heat detectors. In most cases, such tools detect ignition only at the stage of developed combustion. For open areas and extended facilities, such a delay is critical, leading to rapid fire spread, significant material losses, and a serious threat to the environment. Therefore, transitioning to ultra-early detection systems is highly relevant. Such systems are capable of identifying a fire at the smoldering stage or the first appearance of smoke, providing a vital time reserve for response and localization.

A promising direction for improving fire detection efficiency in open spaces and along the perimeter of CIFs is the integration of Artificial Intelligence (AI) and computer vision into video surveillance systems. Unlike classical smoke or flame detection algorithms, modern neural networks can be trained on large datasets to recognize complex visual signs of ignition in streaming video. This allows the system to more accurately distinguish smoke from fog or dust, and flame from solar glare or vehicle headlights.

Recent research confirms the effectiveness of this approach. The use of convolutional neural networks, particularly the YOLO (You Only Look Once) family of architectures, for analyzing images from unmanned aerial vehicles (UAVs) and stationary cameras ensures high levels of accuracy and speed. Modern enhanced YOLOv8n-SMMP models, optimized for computational efficiency, demonstrate high effectiveness in forest fire detection from UAV cameras, achieving mAP@50 over 0.9 even under challenging weather conditions. These architectures enable integrated detection and classification training, reducing response time to real-time levels and minimizing false positives from fog or dust. This is particularly important for monitoring CIF perimeters where traditional detectors are ineffective [2].

Consequently, the prerequisites for creating intelligent mobile robotic complexes are emerging. These can be ground-based or aerial, capable of autonomously patrolling territories, monitoring hard-to-reach areas of critical infrastructure, and promptly transmitting information to a central control station.

Another vital direction in the development of ultra-early detection is multisensor solutions based on "electronic nose" technology. Unlike optical monitoring tools, these systems detect smoldering products at the earliest stages, including carbon monoxide (CO), hydrogen (H₂), nitrogen dioxide (NO₂), and volatile organic compounds (VOCs). Detection occurs before visible smoke or open flames appear. Modern gas sensors equipped with AI elements analyze the chemical composition of the air to form a characteristic "fingerprint" of the combustion process, distinguishing it from vehicle exhaust or routine industrial emissions.

Deploying such sensors directly on infrastructure elements - such as power line towers, fuel depot fences, or trees along power line routes - is highly practical. Integrating these sensors into a mesh network using energy-efficient protocols like LoRaWAN enhances monitoring

efficiency. LoRaWAN technology integration into distributed sensor networks ensures early fire detection in remote areas, as demonstrated in forest fire monitoring studies achieving ignition source localization accuracy within several meters. These energy-efficient protocols enable deploying nodes on infrastructure elements (power line towers, fuel depot fences) with solar panel autonomous power supply, forming a "digital skin" of the territory. This approach critically reduces the risks of smoldering fire spread to linear infrastructure objects [3].

The effectiveness of AI-based early detection systems directly depends on the quality and diversity of training data. Current research thus focuses on forming large, representative datasets with thousands of labeled smoke and flame images and video clips. Data is gathered from ground cameras, UAVs, and satellites, emphasizing varied conditions: terrain types, seasons, weather (fog, rain, snow), time of day, and lighting. Deep learning model reviews highlight the key role of diverse datasets for neural network training, including thousands of labeled images under different lighting and terrain. Forming such databases from UAVs, satellites, and stationary cameras boosts system resilience to errors, enabling smoldering-stage detection. Prospects include hybrid multisensor data fusion to enhance CIF reliability [1].

The use of distributed wireless sensor networks at critical infrastructure facilities effectively forms a so-called "digital skin" of the territory. This creates a continuous sensory field independent of line-of-sight. Integrating high-sensitivity gas sensors with temperature, humidity, and pressure sensors - as well as early arcing detection - into a unified analytical network ensures 24/7 automated monitoring. Maintenance requirements are minimized; power from solar panels combined with supercapacitors or high-capacity lithium batteries allows these nodes to operate autonomously for 10–15 years.

The implementation of AI, computer vision, and multisensor gas monitoring technologies ensures a transition from passive fire response to active early-stage prevention. This significantly enhances the fire safety level of critical infrastructure facilities and reduces the risks of large-scale emergencies. Such systems enable predictive analytics to forecast potential ignition points based on environmental data trends. Furthermore, they facilitate cost-effective scalability across extensive linear assets like power lines and pipelines.

REFERENCES

1. Elhanashi, A., Essahraoui, S., Dini, P., Saponara, S. (2025). Early fire and smoke detection using deep learning: A comprehensive review of models, datasets, and challenges. *Applied Sciences*. 15. 18. 10255. DOI: 10.3390/app151810255.
2. Zhou, N., Gao, D., Zhu, Z. (2025). YOLOv8n-SMMP: A lightweight YOLO forest fire detection model. *Fire*. 8. 5. 183. DOI: 10.3390/fire8050183.
3. Veljanovski, D., Emini, D. (2020). Early forest fire detection using LoRaWAN technology. *Proceedings of the IEEE International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*. 156–161.

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОБАРИЧНИХ ГРАНАТ ПІД ЧАС ЗАГАЛЬНОВІЙСЬКОВОГО ЧИ ПОЛІЦЕЙСЬКОГО БОЮ В УМОВАХ ВІЙНИ: ОСОБЛИВОСТІ ДІЇ БОЄПРИПАСУ ТА ЗАХИСТ ВІД НЬОГО

Вайда Т. С., к.пед.н., доцент

Одеський державний університет внутрішніх справ

Актуальність проблеми. Особливості застосування військовими підрозділами сучасних засобів ведення війни та боєприпасів до них у повній мірі розповсюджується й на поліцейський бій, котрий в багатьох випадках на прифронтових територіях може відбуватися при затриманні ворожих розвідувальників, виявленні та знищенні диверсійно-розвідувальних груп РФ, злочинців/правопорушників з числа місцевих колаборантів при їх переховуванні в різних укриттях (будівлях, підвалах, горищах, складських приміщеннях тощо).

У нашому розумінні поліцейський бій – це особливий спосіб ведення загальновійськового бою силами особового складу НПУ малими тактичними групами або зведеними загонами, в тому числі й при залученні в умовах запровадженого правового режиму воєнного стану військовослужбовців підрозділів ЗСУ (ТрО, НГУ тощо) в місці їх дислокації. Поліцейський бій відбувається за місцем несення служби поліцейським підрозділом у закріпленій за ним адміністративно-територіальній одиниці. За словами Міністра МВС України І. Клименка 42 000 поліцейських досі працюють у наближених до лінії фронту регіонах у бойових підрозділах, а безпосередньо на лінії фронту перебувають 8 800 правоохоронців, які є добровольцями» [1].

Варто враховувати, що під час російсько-української війни протягом останнього часу військові підрозділи країни-агресорки стали активно використовувати термобаричні ручні гранати (РГТ-27С, РГТ-27С2). Руйнівної сили однієї гранати вистачає для гарантованого знищення ДОТа чи ДЗОТа.

Найпростішим видом термобаричної зброї є гранати, які стоять на озброєнні й ЗСУ та були розроблені спеціально з врахуванням досвіду боїв на Донбасі. У лійнійці цього озброєння є реактивні вогнемети – аналогів гранатометів (радянський РПВ «Рись» (реактивний піхотний вогнемет – *уточнено нами*), новіший «Джміль» та його український аналог РПВ-16). За своїм бойовим впливом ця зброя еквівалентна великокаліберному артилерійському снаряду. Також завдяки своїй ефективності термобаричні бойові частини існують для далекобійної реактивної артилерії (220-мм РСЗВ «Ураган» зі снарядом 9М51; 300-мм «Смерч» зі снарядом 9М55С). Кожен такий снаряд утворює вогняну хмару діаметром близько 25 метрів. У СРСР свого часу було створене озброєння, яке призначалось виключно для стрільби термобаричними снарядами – ТОС-1 «Буратіно» (у РФ модернізували та назвали ТОС-1А «Солнцепьок»). Термобаричні снаряди використовуються і в оперативно-тактичних комплексах – в радянському тактичному ракетному комплексі «Точка-У» і російському «Іскандері», також існують і спеціальні авіаційні бомби.

Принцип дії сучасного термобаричного боєприпасу полягає в наступному: термобарична граната використовує кисень з навколишнього повітря для горіння, а її ефект часто порівнюють з ядерною зброєю (без радіації). У загальному термобаричний боєприпас складається із контейнера, що містить горючу речовину, та вибухової суміші; його підрив не відбувається миттєво – коли термобаричний заряд досягає цілі, він розпилює паливо у повітря навколо себе. Після цього

утворюється суміш кисню із горючою речовиною (кисень виступає свого роду каталізатором вибуху, оскільки він також сприяє горінню) [2].

Хмара вибухової речовини формується за кілька мілісекунд, після чого спрацьовує детонатор, котрий запалює її. Таким чином, створюється значний надлишковий тиск і висока температура горіння вибухової суміші. При підриві такої «хмари» утворюється суцільне полум'я температурою біля 1500-2500°C, яка знищує все живе та виводить з ладу техніку. Небезпека «вогняної хмари» в тому, що вона розходитьсь по всій вільній площині і вогонь вільно «затікає» за перешкоди. Ця зброя ефективна проти відкритих цілей, які захищені фортифікаційними спорудами, небезпечна у замкнутих просторах типу ангара. Термобарична бойова частина спричиняє пожежі у місцях влучання. Саме тому термобаричну зброю частіше використовують у містах. На відкритій місцевості зона ураження, а разом з ним і ефективність термобаричної зброї менша, ніж у звичайного осколково-фугасного снаряда. Через свою специфіку номенклатура зброї, в якій використовується термобарична бойова частина, доволі обмежена [3].

Особливість термобаричної зброї: проникає у будівлі, розповсюджується в укриттях або траншеях; термобаричні гранати ефективні під час боїв у міській забудові – створюють потужний, довготривалий вибух із високою температурою та значним перепадом високого тиску, знищуючи живу силу та легкоброньовану техніку навіть в укриттях. Головним мінусом цих боєприпасів є значний вплив на їх бойову дію погодних умов. Наприклад сильний вітер може розвіяти таку «хмару» горючої речовини. Зараз винайдені термобаричні боєприпаси, в яких утворення «хмари» та її підрив відбуваються одночасно.

Висновки. Провівши аналіз оперативних публікацій щодо застосування сучасної зброї, можемо зробити наступні узагальнення.

1. Військові засоби ведення бойових дій (на прикладі російсько-української війни) постійно удосконалюються, використовуючи їх небезпечні фактори для максимального ураження/зниження сил ворога.

2. Термобаричні боєприпаси характеризуються значною руйнівною силою та мають здатність проникати в будь-які об'єми (приміщення, укриття тощо), що відрізняє їх від ручних осколкових гранат (від уражаючої дії останніх можна в багатьох випадках захиститися за наявності відповідного укриття).

3. Військовослужбовці та працівники поліції повинні бути максимально підготовлені до застосування ворогом термобаричних боєприпасів, в тому числі злочинцями, ДРГ чи колаборантами під час поліцейського бою в умовах міської забудови.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рябінін І. «У бойових підрозділах лише добровольці»: Клименко сказав, скільки поліцейських воює на фронті. URL: <https://www.obozrevatel.com/ukr/novosti-obschestvo/u-bojovih-pidrozdilah-lishe-dobrovoltsi-klimenko-skazav-skilki-politsejskih-voyue-na-fronti.htm> (дата звернення: 25.01.2026).

2. Допис користувача Акціонерне товариство «Українська оборонна промисловість». URL: <https://www.facebook.com/ukroboronprom/posts/uopnazemli-%D1%83-%D1%86%D1%96%D0%B9-%D1%96%D> (дата звернення: 24.01.2026).

3. Огнев О. Термобарична зброя або вакуумна бомба – що це таке і як працює. URL: <https://www.unian.ua/weapons/vakuumna-bomba-shcho-okupanti-zastosovuyut-proti-ukrajini-i-chim-nebezpechna-cya-zbroya-ostanni-novini-11775109.html> (дата звернення: 30.01.2026).

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТЕПЛОВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З ТЕРМІСТОРОМ

Закарлюка А. П.,

Дурсєв В. О., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Динамічні параметри сповіщувача визначаються з його моделі з урахуванням матеріалу, оформлення, температурного діапазону. Опір R_T термістора залежить від температури, матеріалу, конструктивного виконання

$$R_T = AT^b e^{B/T}, \quad (1)$$

де A , b , B – параметри складу та конструктивного виконання; T – температура середовища, К.

При $b \ll 1$ A дорівнює опору R_∞ термістора при максимальній температурі, з урахуванням номінального опору

$$R_T = R_H e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}, \quad (2)$$

де R_H – номінальний опір, Ом.

Рівняння (1) з урахуванням (2) має вигляд:

$$R_T = R_H T^b e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}. \quad (3)$$

Прирівняємо диференціали лівої і правої частини:

$$dR_T = \left[R_H T^b e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)} \right]' dT; \quad (4)$$

$$\frac{dR_T}{dT} = bT^{(b-1)} R_t + T^b \beta R_t = T^{(b-1)} R_t (b + T\beta); \quad (5)$$

$$R_t = R_H e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_H}\right)}; \quad \beta = -\frac{B}{T^2}, \quad (6)$$

де β – температурний коефіцієнт.

Математична модель термістора:

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{d\tau} + \alpha F dT = \alpha F dT_B, \quad (7)$$

де C – теплоємність термістора, Дж·кг⁻¹·К⁻¹; m – маса, кг; T – температура, К; τ – час, сек; α – конвекційний теплообмін, Вт·м⁻²·К⁻¹; F – площа термістора, м²; T_B – температура повітря, К.

Підставимо (5) в (7)

$$\frac{C \cdot m}{R_t T^{b-1} (b + \beta T)} \cdot d \frac{dR_T}{d\tau} + \frac{\alpha \cdot F}{R_t T^{b-1} (b + \beta T)} \cdot dR_T = \alpha \cdot F \cdot dT_B. \quad (8)$$

В процесі лінеаризації (8) отримаємо динамічне рівняння термістора з урахуванням його матеріалу, конструкції, опору:

$$T_T \dot{\bar{r}}_T + \bar{r}_T = K_T \bar{t}_B; \quad (9)$$

$$T_T = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad (10)$$

$$K_T = \frac{T_{B0}}{R_{T0}} R_t T^{b-1} (b + \beta T), \quad (11)$$

де T_T – інерційність сповіщувача з термістором, сек; K_T – коефіцієнт посилення; \bar{r}_T , \bar{t}_B – відносні змінні.

Інерційність термістора визначається

$$T_T = \frac{(t_1 - t_{\text{СТАТ}})}{(dt/d\tau)_0 K_T}, \quad (12)$$

де t_1 – температура спрацювання, К; $t_{\text{СТАТ}}$ – статична температура, К; $(dt/d\tau)_0$ – зміна температури [К/сек].

Аналіз результатів показав, що при зменшенні постійної часу термістора, зменшується його маса та зростає площа контакту поверхні чутливого елемента з навколишнім повітрям. Крім того, якщо на чутливому елементі розмістити радіатор у вигляді пластин, то термістор прогривається швидше за рахунок вкладу теплообміну, що зменшує час спрацювання.

Динамічне рівняння терморезисторного теплового сповіщувача (9) урахує загальний вплив структури матеріалу термістора, його конструктивне виконання, опір при визначеній номінальній температурі. Для покращення параметрів спрацювання сповіщувача, потрібно збільшувати геометричні розміри чутливого елемента при зменшенні його маси.

**ВИБІР ГІДРАВЛІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ВОДЯНОГО
ПОЖЕЖОГАСІННЯ***Кривешико А. М.,**Дурсєв В. О., к.т.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

Зменшення діаметру трубопроводів дозволяє зменшити вартість системи водяного пожежогасіння. При цьому проблема вибору оптимальних гідравлічних параметрів системи водяного пожежогасіння пов'язана саме з геометричними параметрами водної мережі.

Тому є потреба проведення досліджень сукупного впливу геометричних характеристик трубопроводів і зрошувачів на гідравлічні параметри системи водяного пожежогасіння.

Для дослідження сукупного впливу геометричних параметрів розподільчої мережі на гідравлічні параметри системи водяного пожежогасіння, розглянуто тупикові рядки постійного та змінного діаметрів (рис. 1).

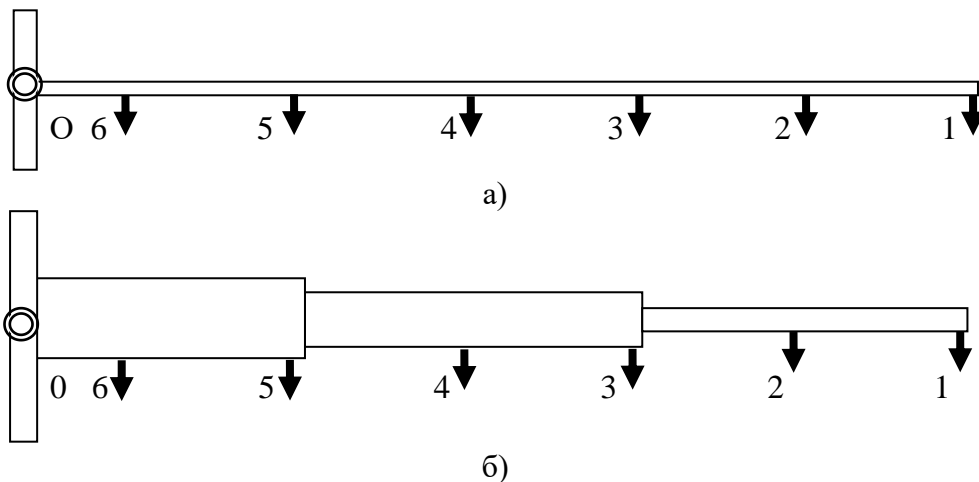


Рисунок 1 – Розрахункова схема рядка розподільчої мережі:
а – постійного діаметру; б – змінного діаметру

В результаті досліджень визначено витрати, напір, потужність потоку вогнегасної речовини, діаметри рядків.

Аналіз графічних результатів (рис. 2, рис. 3) показав, що в рядках постійного діаметру гідравлічні та геометричні параметри залежать від характеристик зрошувачів.

Зрошувачам більшого діаметру відповідає більш інтенсивне зменшення гідравлічних параметрів при збільшенні діаметру.

Найменування та номенклатура трубопроводів, запірної арматури, насосів, запас вогнегасної речовини (ВР) безпосередньо залежать від потрібних розрахункових параметрів системи. Проте, якщо вартість агрегатів запірної арматури залежить виключно від виробника обладнання, то вартість трубопроводів, насосів, запасу ВР залежить від розрахункових параметрів системи.

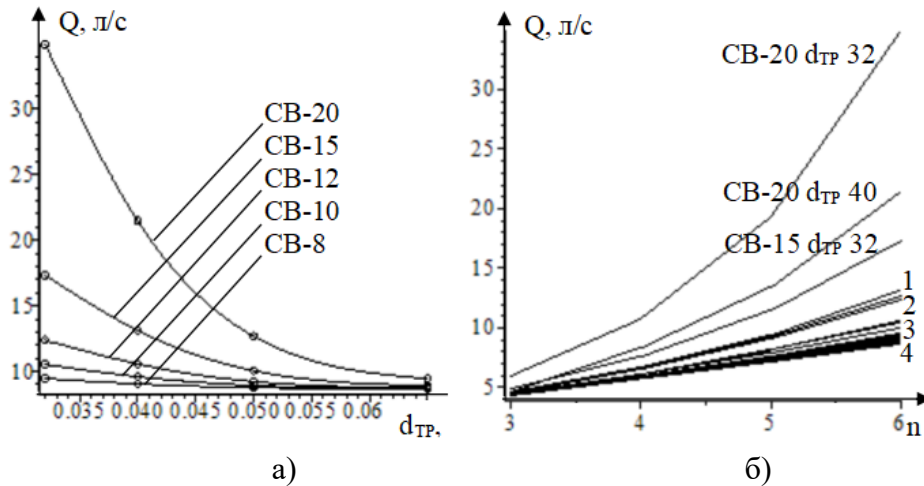


Рисунок 2 – Залежність гідрравлічних параметрів розподільчої мережі:
 а – витрати вогнегасної речовини від діаметра рядка;
 б – витрати вогнегасної речовини від кількості зрошувачів у рядку

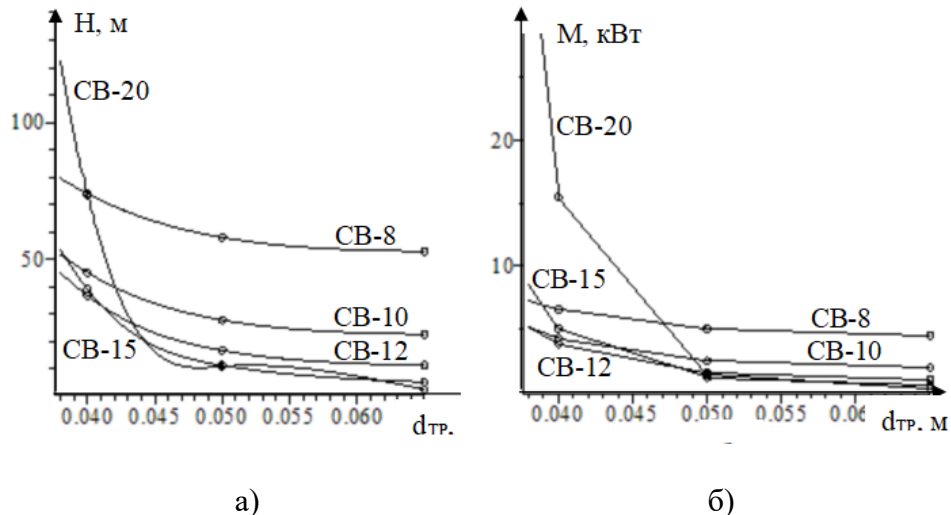


Рисунок 3 – Залежність гідрравлічних параметрів розподільчої мережі:
 а – напору від діаметра рядка; б – потрібної потужності потоку вогнегасної речовини від діаметра рядка

Отримані результати показують, що на гідрравлічні параметри розподільчої мережі, в першу ступінь впливають геометричні параметри зрошувачів, а потім параметри трубопроводів розподільчої мережі.

Зменшення діаметрів трубопроводів розподільчої мережі збільшує гідрравлічні втрати та витрату вогнегасної речовини.

Телескопічна топологія розподільчої мережі дає переваги у досягненні потрібних гідрравлічних параметрів усієї системи.

Виявлено групи комбінацій геометричних характеристик трубопроводів та зрошувачів з близькими гідрравлічними параметрами, урахування яких дозволяє знизити вартість розподільчої мережі.

де $K_{ВП}$ – коефіцієнт посилення; $T_{ВП}$ – інерційність пристрою, сек.

Функціональна модель приладу з урахуванням (1), та відносними вхідним \bar{x} та вихідним \bar{y} сигналами має вигляд, рис. 3.

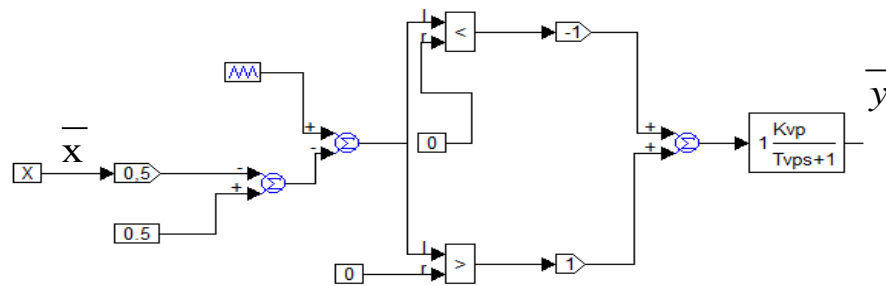


Рисунок 3 – Функціональна модель приладу з виконавчим пристроєм

Графічні результати досліджень вихідного сигналу \bar{y} від параметрів ШІМ та виконавчого пристрою, показано на рис. 5. Параметри ШІМ: $\bar{x} = 0$; $f = 1$, Гц, Виконавчий пристрій: $K_{ВП}=1$; $T_{ВП}=1$, с.

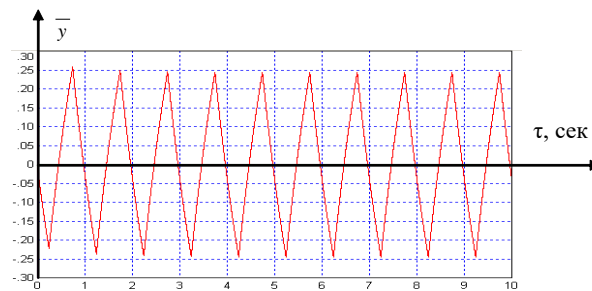


Рисунок 4 – Вихідний сигнал \bar{y} виконавчого пристрою

Особливістю розробленої функціональної моделі є застосування керуючого сигналу для управління роботою інерційним виконавчим пристроєм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Passenbrunner, T., Sassano, M., Trogmann, H., del Re, L., Paulweber, M., Schmidt, M., Kokal, H. (2011). Inverse torque control of hydrodynamic dynamometers for combustion engine test benches. *Proceedings of the American Control Conference*. 4598–4603.
2. Torabnia, S., Banazadeh, A. (2014). Development of a water brake dynamometer with regard to the modular product design methodology, *Proceedings of the ASME 2014. 12th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis*. 15. 20229–20232. DOI: 10.1115/ESDA2014-20232.
3. Shao, T., et al. (2019). A robust power regulation controller to enhance dynamic performance of voltage source converters, *In IEEE Transactions on Power Electronics*. 34. 12407–12422. DOI: 10.1109/TPEL.2019.2906057.
4. Kustanovich, Z., Reissner, F., Shivratr, S., Weiss, G. (2021). The sensitivity of grid-connected synchronverters with respect to measurement errors. *IEEE Access*. 9. 118985–118995. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3107345.
5. Aouini, R., Marinescu, B., Ben Kilani, K., Elleuch, M. (2016). Synchronverter-based emulation and control of HVDC transmission. *IEEE Trans. PowerSystems*. 31. 278–286.

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У СИСТЕМАХ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

Радєв Д. К.,

Шиняєв Д. С.,

Костирка О. В., к.т.н., доцент

Національний університет цивільного захисту України

Сучасний етап розвитку систем протипожежного захисту характеризується переходом від традиційних порогових пристроїв до інтелектуальних комплексів, здатних у реальному часі ідентифікувати динаміку небезпечних факторів пожежі. Автоматичний контроль пожежонебезпечних параметрів є ключовим для підвищення ефективності запобігання загорянню та мінімізації наслідків. Новітні підходи синтезують технології Інтернету речей, машинне навчання та предиктивну аналітику, дозволяючи не лише фіксувати перевищення порогів, а й прогнозувати розвиток ситуації. Дослідження підтверджують, що мережі сенсорів із зворотним зв'язком та ПД-регуляторами відкривають можливості для адаптивного управління параметрами середовища [1].

Водночас практика експлуатації систем пожежної сигналізації свідчить, що багато рішень базуються на статичних порогових алгоритмах, які не враховують швидкість пожежі, інерційність середовища та взаємний вплив параметрів. Це призводить до запізненого виявлення чи хибних спрацювань. Тому науково обґрунтований перехід до багатокритеріального контролю, що аналізує абсолютні значення температури, задимленості, концентрації газів та їхні часові градієнти. Особливо інформативним для ранньої стадії пожежі є швидкість зміни температури (dT/dt), яка виявляє тління до досягнення порогів.

Перспективним напрямом є інтеграція сенсорних мереж у замкнені контури автоматичного керування інженерними системами будівель. Зокрема, у тунельних спорудах доведена ефективність використання детекторів диму як джерела вхідного сигналу для автоматичного керування поздовжньою вентиляцією, що забезпечує локалізацію димових мас незалежно від місця виникнення пожежі [1]. Розвитком цього підходу є формування адаптивних законів керування, у яких параметри регуляторів коригуються залежно від прогнозованої інтенсивності пожежі та поточного аеродинамічного стану об'єкта.

Подальше вдосконалення автоматичного контролю пов'язане із застосуванням методів штучного інтелекту для оброблення великих масивів сенсорних даних. На відміну від класичних систем, що реагують на перевищення порогу, інтелектуальні моделі аналізують тренди зміни температури, задимленості та газового складу повітря. Використання рекурентних нейронних мереж типу LSTM і трансформерних архітектур забезпечує можливість короткострокового прогнозування розвитку пожежі та завчасної активації засобів протидії [4; 5; 6]. За результатами сучасних досліджень, інтеграція алгоритмів глибокого навчання з даними тепловізійного та газоаналітичного контролю дозволяє отримати попередження про критичний розвиток події за десятки секунд до досягнення небезпечних порогів [5].

Важливою складовою підвищення ефективності СПЗ є також удосконалення діагностування технічного стану самих елементів системи. Запропоновано підхід до предиктивної самодіагностики, за якого аналізуються вторинні ознаки деградації сенсорів, каналів зв'язку та виконавчих механізмів. Інтеграція результатів такої діагностики із системами управління технічним обслуговуванням забезпечує перехід від планово-

попереджувальної стратегії до обслуговування за фактичним станом, що підвищує коефіцієнт готовності систем протипожежного захисту [2]. Додатковим резервом підвищення надійності є введення контролю теплового стану електричних контактних з'єднань у шафах протипожежної автоматики як потенційних джерел займання.

Окремий інтерес становить розвиток алгоритмів візуального сервоконтролю засобів пожежогасіння. Зокрема, для автоматичних лафетних стволів ефективним є використання прогнозних моделей руху струменя з урахуванням часових затримок у контурі керування. Поєднання інфрачервоного відеоконтролю з адаптивними алгоритмами наведення дозволяє підвищити точність ураження осередку пожежі та зменшити витрати вогнегасної речовини [3; 6]. Такий підхід фактично формує замкнену інтелектуальну систему «виявлення - прогноз - наведення - гасіння».

Подальшим кроком еволюції систем протипожежного захисту є створення цифрових двійників об'єктів. Агрегація даних від розподілених сенсорних мереж у єдиному інформаційному середовищі дає змогу моделювати розвиток пожежі в тривимірному просторі з урахуванням реальних граничних умов. Використання технологій віртуальної та доповненої реальності забезпечує оперативну підтримку прийняття рішень персоналом і підрозділами цивільного захисту, дозволяючи візуалізувати як поточний стан об'єкта, так і прогнозоване поширення небезпечних факторів [4; 5; 6].

Наукова новизна запропонованого підходу полягає у розвитку концепції багатокритеріального адаптивного контролю пожежонебезпечних параметрів на основі поєднання сенсорних мереж, предиктивної аналітики та інтелектуальних алгоритмів керування. Практична реалізація зазначених рішень створює передумови для формування систем протипожежного захисту нового покоління, здатних працювати в умовах невизначеності та забезпечувати випереджувальне реагування на загрозу пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hong, Y., Fu C., Merci B. (2024). A novel sensor network based real-time automatic longitudinal ventilation smoke control system for tunnels: A numerical investigation. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 146. 105654.
2. Bolatbek, E., Ergaliev, D. (2024). Modern approaches to the selection of diagnostic parameters to ensure the safety and reliability of fire protection systems on Boeing-737 aircraft. *International Journal of Advanced Logistics, Transport and Engineering*. 11. 3. 1–5.
3. Pan, L., Li, W., Zhu, J. et al. (2024). Visual predictive control of fire monitor with time delay model of fire extinguishing jet. *Control Engineering Practice*. 105816.
4. *Intelligent Building Fire Safety and Smart Firefighting* / ed. by X. Huang, W. C. Tam. – 1st ed. Cham: Springer, 2024. 499.
5. Zhang, X. (2024). Smart tunnel fire forecast and safety management driven by artificial intelligence of things: Ph.D. thesis. Hong Kong: Hong Kong Polytechnic University. 144.
6. Zhu, J., Li, W., Lin, D., Zhao, J. (2020). Intelligent fire monitor for fire robot based on infrared image feedback control. 56. 2089–2109.

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОРОШКІВ ТА АЕРОЗОЛЕЙ

*Тищенко Є. О., д.т.н., професор,
Куценко М. А., к.економ.н., доцент,
Маладика Л. В., к.пед.н., доцент,
Котляр Д. О.*

Національний університет цивільного захисту України

Аналіз науково-технічної та патентної літератури показує, що на сучасному етапі практично вичерпано можливості стосовно розробки рецептур вогнегасних порошоків на принципово нових сировинних основах. Більшість розробок базується на вдосконаленні рецептур із використанням уже відомих і добре випробуваних компонентів. Наявність великої кількості рецептур свідчить про те, що в сучасних умовах ведеться інтенсивний пошук найбільш оптимального складу порошоків, який би забезпечував максимальну вогнегасну ефективність, універсальність використання при мінімальних матеріальних затратах. Принцип досягнення необхідних результатів базується на частковій заміні основного компонента іншим із забезпеченням синергізму їх спільної дії та покращанням необхідних властивостей порошку.

Сучасне трактування механізму припинення горіння порошками також показує, що найбільш перспективним способом покращання їх вогнегасної здатності може бути селективний підбір та спільне використання компонентів із посиленням сумарним ефектом інгібування, з урахуванням конкретних умов гасіння пожеж, пов'язаних зі зміною концентрації кисню в газоповітряному середовищі зони горіння.

На особливу увагу заслуговує результат спільної участі різних за природою інгібіторів в умовах змінної концентрації кисню в реакційній суміші, якою є полум'я вуглеводнів. У таких умовах вогнегасна ефективність порошкової суміші може не змінюватися (це свідчить про наявність адитивного характеру спільної дії інгібіторів), а також посилюватися або знижуватися, що є проявом неадитивності їх спільної дії.

На основі аргументованого аналітичного, функціонального та системного аналізу розроблена багатофункціональна лабораторна установка та визначена методика проведення наукових досліджень вогнегасної ефективності порошкових та аерозольних інгібіторів припинення горіння.

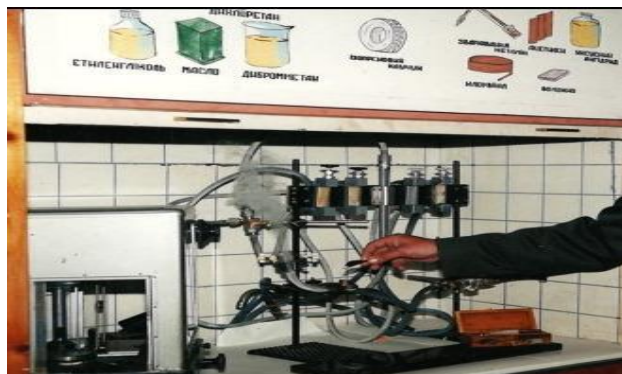
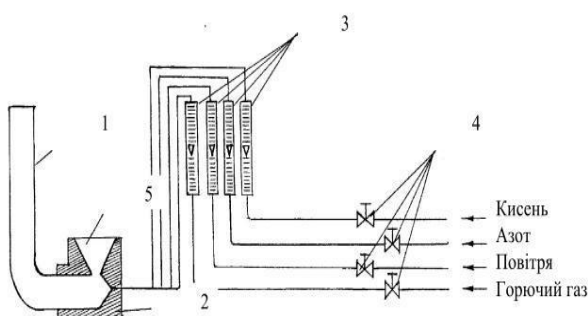


Рисунок – 1. Схема та фото лабораторної установки для визначення вогнегасної ефективності порошоків при гасінні полум'я із змінною концентрацією кисню в газоповітряному середовищі: 1 – циліндричний пальник Бунзена; 2 – ежектор; 3 – ротаметри; 4 – регулювальні крани; 5 – лійка ежектора

Тому для проведення лабораторних досліджень з визначення вогнегасної ефективності порошків при гасінні газоповітряного полум'я з перемінним вмістом кисню в зоні горіння, на основі проведеного аналізу в ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України авторами розроблено та змонтовано модернізовану лабораторну установку пальникового типу. Блок-схема установки показана на рис. 1. Основним елементом лабораторної установки є скляний циліндричний пальник Бунзена (1) (внутрішній діаметр $14,0 \pm 0,1$ мм, а зовнішній діаметр $17,2 \pm 0,1$ мм), нижня частина якого підігнута до вершу під прямим кутом. У верхній частині горизонтальної ділянки пальника розміщено ежектор (2), в який через спеціальний отвір (5) засипають контрольну масу вогнегасного порошку. Кількість горючого газу, повітря, кисню і азоту при подачі до пальника Бунзена, контролюється відповідними ротаметрами (3) РМ-ГУЗ 0,4 або РМ-ГУЗ 0,63 і регулюється відповідними кранами (4) в залежності від необхідної концентрації кисню в газоповітряному середовищі зони горіння пальника. Горючий газ (пропан-бутан), кисень та азот в лабораторну установку подаються по відповідним трубопроводам із транспортних балонів через редуктори. Повітря при необхідності подається на установку через відповідний ротаметр від газодувки, в якості якої пристосовано побутовий пилосос. Мінімальні маси вогнегасного порошку для проведення досліду зважування на аналітичних терезах марки ВЛА-200-М з точністю до $0,0001$ г. Для уточнення мінімальної маси порошку використовують аналітичні мікротерези ВЛМ-20-М з точністю до $0,00001$ г. В основі методу є визначення мінімальної маси порошку, здатної надійно гасити факел полум'я пальника Бунзена, при фіксованих концентраціях кисню в зоні горіння.

Для забезпечення однозначності кожного визначення по дії вогнегасних порошків на полум'я для фіксованих умов експеримент з визначеною мінімальною масою порошку повторювався не менше 10 разів. Вибір кількості паралельних вимірів обумовлений необхідною точністю або величиною допустимої відносної помилки. Число паралельних вимірів визначаємо з формули:

$$t_{(\alpha, f)} = \frac{\varepsilon}{S} \sqrt{n}, \quad (1)$$

де $t_{(\alpha, f)}$ – коефіцієнт Стюдента, залежний від довірчої вірогідності (α) і числа ступенів свободи (f), ε – точність вимірів або довірчий інтервал, S – стандартне відхилення, n – число вимірів. Стандартне відхилення визначаємо за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

де i – номер окремого виміру, \bar{x} – середнє арифметичне виміряної величини, x_i – окреме значення виміряної величини.

Із (1–2) маємо:

$$\sqrt{n} = \frac{t_{(\alpha, f)} \cdot S}{\varepsilon} = \frac{t_{(\alpha, f)} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\varepsilon}, \quad (3)$$

Тоді число вимірів, необхідних для досягнення потрібної точності, визначено (n):

$$n = \frac{t_{(\alpha, f)}^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{\varepsilon^2 \cdot (n-1)}, \quad (4)$$

Для десяти паралельних вимірів ($n = 10$) число ступенів свободи (f) дорівнює 9, довірчу вірогідність (α) встановлюємо рівною 0,95. Тоді $t_{(\alpha, f)}$ дорівнює 2,26 [a, b].

Точність вимірів (довірчий інтервал) зважування на аналітичних вагах (ε) – 0,0001 г; така ж різниця між величиною середнього (істинного) і окремого виміру ($x_i - \bar{x}$). Із (4) маємо:

$$n = \frac{(2.26)^2 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} (0.0001)^2}{(0.0001)^2 \cdot 9} = \frac{10 \cdot (2.26)^2}{9} = 5.68 \quad (5)$$

Аналогічне число вимірів необхідне і при визначенні мінімальної маси порошку на аналітичних мікротерезах з точністю 0,00001 г. Тому, навіть шести вимірів та досліджень достатньо для обґрунтованого визначення мінімальної маси вогнегасного порошку та його вогнегасної ефективності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Апанович В. М., Жартовський В. М., Тропінов А. Г. Вогнегасний порошок для гасіння пожеж на об'єктах цивільної авіації. Тези доповіді науково-технічного семінару. Севастопіль, СП, 1988. С. 100–101.
2. Ацусі Накакукі. Гасіння пожеж в гіпербаричних камерах. Пожежна охорона, 1972. № 41. С. 1–14.
3. Ацусі Накакукі. Пожежі і протипожежні заходи в камерах високого тиску і високої концентрації кисню. Адзен Когаку, 1972. Т. 2. № 5. 27 с.
4. Тищенко О. М., Жартовський С. В., Тищенко Є. О. Вогнегасні порошки та умови їх застосування: навч. посібн. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2014. 250 с.
5. Tyshchenko, O., Kyrychenko, O., Kutsenko, M., Tyshchenko, I. (2025). Fire extinguishing efficiency of the powders in environments with variable oxygen concentration. *Riešenie Krízových Situácií V Špecifickom Prostredí*. 84–86.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

Андрієнко М. В., Бойко О. А., Гаман П. І. Сучасні підходи до цивільного захисту об'єктів підвищеної небезпеки та об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнного стану	4
Афанасенко К. А., Григоренко О. М. Взаємозв'язок класів токсичних речовин за критерієм гострої токсичності при ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки	6
Баланюк В. М., Мирошкін В. С., Гусар Н. І. Щодо питання моделювання параметрів концентрації та геометрії аерозольної хмари під час гасіння горіння на відкритому просторі	8
Балдук Г. П., Беспалова А. В., Балдук П. Г. Інформаційні моделі будівель й споруд як інструмент підвищення якості експертизи проектної документації на будівництво	10
Балицька В. О. Аналіз основних тенденцій розвитку товстоплівкової сенсорики для застосування у сфері цивільного захисту	12
Барабаш М. С., Бармін І. В. Особливості розрахунку захисних споруд на аварійні впливи	14
Басманов О. Є., Карпова Д. І. Прогнозування температурного режиму вертикальних сталевих резервуарів при горінні нафтопродуктів	16
Батечко С. М., Отрош Ю. А. Трансформація превентивної діяльності ДСНС на рівні територіальних громад	18
Бекірова М. М., Чучмай О. М. Розрахунок рамних стержневих конструкцій на дію імпульсного навантаження	20
Березовський А. І., Копил Б. Я. Метод визначення міцності утвореного пінококсу вогнезахисних покриттів металевих конструкцій	22
Бондаренко С. М., Волошин Р. О. Апаратурне забезпечення дослідження характеристик аспіраційних пожежних сповіщувачів	24
Боцуляк А. І., Антошкін О. А. Автоматизація проектування систем пожежної сигналізації як інструмент підвищення якості роботи інженера-проектувальника	26
Братель С. Г., Білик І. В. Превентивна діяльність національної поліції України у системі запобігання надзвичайним ситуаціям: організаційно-правові та управлінські аспекти	28
Буднік С. В. Зміни клімату та трансформація представлення гідрометеорологічної інформації щодо запобігання надзвичайних станів	30
Вавренюк С. А. Загальні принципи побудови зовнішніх систем блискавкозахисту	32
Веселівський Р. Б., Яковчук Р. С., Смоляк Д. В., Поліщук І. М. Актуальність дослідження закономірностей зміни коефіцієнта теплопровідності та часу досягнення критичної температури у вогнезахисних сталевих конструкціях	34
Вітовецький В. О., Мельник В. П. Цифровізація робочих процесів у сфері цивільного захисту та превентивної діяльності	36

Войтович Т. М., Беседа А. В. Сучасні підходи до оцінювання корозійної дії піноутворювачів у протипожежних системах.....	38
Волобоєва В. В., Мурін М. М. Математична модель оптимізації діаметрів трубопроводів дренчерних систем водяного пожежогасіння.....	40
Голоднов О. І. Технічний стан конструкції житлового будинку, який отримав пошкодження внаслідок ураження БПЛА	42
Грищенко А. А. Особливості розвитку пожеж на об'єктах зберігання нафтопродуктів в умовах воєнного стану	44
Гузій С. Г., Кобрін М. В., Гузій О. І., Курська Т. М. Інтумісцентні фарби на епоксіполіуретановій основі для захисту електричних кабелів у разі пожежі.....	46
Добростан О. В., Бедратюк О. І., Стилик І. Г. Методологічні засади валідації нестандартизованих методів випробувань у сфері пожежної безпеки	48
Добростан О. В., Климаєв Р. В., Самченко Т. В., Ратушний О. В. Зміни в нормативному регулюванні оцінювання вогнезахисних засобів для деревини	50
Добростан О. В., Іллюченко П. О., Монастирецький В. В., Масан С. М. Методологічні аспекти оцінювання стійкості вогнезахисних покривів та просочень до зовнішніх впливів відповідно до ДСТУ 9331:2025	52
Касіян О. В., Лип А. С. Застосування рятувальної стропи при роботі з пожежною рукавною лінією	54
Кастранець А. М. Бібліометричний аналіз тенденцій цифровізації державного нагляду (контролю) у сфері пожежної безпеки	56
Кастранець А. М. Інноваційні підходи до цифровізації державного нагляду (контролю): розробка та апробація мобільного додатка «калькулятор ризику»	58
Катунін А. М., Роянов О. М. Оцінювання температури нагріву навантажених сталевих проводів.....	60
Кириченко О. В., Школяр Є. В., Ніконішин О. В., Куценко М. А. Дослідження термічної стійкості та моделювання процесів займання металізованих піротехнічних складів для підвищення техногенної безпеки	62
Кіріченко Д. О. Чисельне моделювання та топологічна оптимізація несучої ферми з деревинно-полімерного композиту.....	64
Коваленко О. С., Антошкін О. А. Аналіз можливості використання вогнегасного аерозолю для дослідження ефективності методів осадження пилу	66
Ковалишин В. В., Марич В. М., Лозинський Р. Я. Особливості розвитку та небезпека пожеж літій-іонних акумуляторів.....	68
Ковальов А. І., Дразніков Д. С., Коломісць Д. Г. Аналіз розрахункових методів оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій	70

Кордіяка І. М., Карабин В. В.	
Комплексний підхід до прогнозування та запобігання надзвичайним ситуаціям у тунельних системах гірських територій на основі машинного навчання та імітаційного моделювання.....	72
Кравченко Р. І., Белікова К. Г., Бедратюк О. І., Хроменков Д. Г.	
Огляд нових вимог європейського технічного регламенту будівельної продукції	74
Кривошей Б. І.	
Аналіз причин виникнення пожеж на транспортних засобах	76
Кузнецова В. А.	
Адаптивний підхід до блекауту: природна частина життєвих та виробничих процесів	78
Курдюк В. Ф., Тарасюк П. К., Пролігін А. А.	
Рекомендації щодо оволодіння навичками воєнного мистецтва	80
Кушнір А. П., Альфавицька Г. В.	
Автоматизація вузлів керування автоматичних систем водяного та пінного пожежогасіння	82
Кушнір А. П.	
Основні технічні характеристики димових пожежних сповіщувачів	84
Ліщенко Л. П.	
Аналіз розвитку небезпечних геологічних процесів в ложі Каховського водосховища з використанням супутникових даних	86
Ломакін В. В., Бодрик О. О.	
Особливості евакуації цивільного населення з зон активних бойових дій	88
Маладика Л. В., Лінецька М. О., Богурський Ю. В.	
Аналіз проєктних загроз об'єктам критичної інфраструктури під час воєнного стану.....	90
Молодцов А. В., Бурбела С. В.	
Ядерний шантаж	92
Нетепчук М. С., Босак П. В., Шкурка О. О.	
Аналіз функціонування системи цивільного захисту населення в умовах застосування ракетно-дронових атак.....	94
Нетепчук М. С., Босак П. В., Дудко С. Ю.	
Критерії оцінки ефективності та оптимізація модульних укриттів для захисту населення.....	96
Новак М. С.	
Валідація модифікованих методів визначення необхідних товщин вогнезахисних покривів сталевих конструкцій	98
Новак С. В., Пустовий М. М., Маладика І. Г.	
Визначення товщини вогнезахисту сталевих конструкцій за сценаріями умовної пожежі.....	100
Нуязін О. М., Степаненко В. О., Подолянець Я. В., Іваненко О. О.	
Розрахункове оцінювання межі вогнестійкості сталезалізобетонної плити на основі даних експериментальних досліджень	102
Пастернак В. В.	
Гібридний підхід до моделювання взаємодії сферичних частинок із застосуванням DEM та штучного інтелекту	104
Пастернак В. В.	
Чисельне моделювання елементів складної геометрії в середовищі сучасних інформаційних систем.....	107
Пастернак В. В., Рубан А. В.	
Моделювання багатозначної динаміки частинок із використанням латентних геометричних представлень	109

Пастернак В. В., Рубан А. В. Геометричне моделювання елементів складної форми на основі методів машинного навчання	111
Пастернак В. В., Рубан А. В. Моделювання контактних сил у гранулярних системах на основі DEM та нейронних мереж	113
Петухова О. А., Трипольська К. С. Аналіз факторів, що впливають на перевірку внутрішніх мереж на водовіддачу	115
Підкопай К. Ю., Андрєєва Л. І., Глабчук А. А. Майбутнє протипожежного водопостачання: автономні системи, smart-контроль та резервування	117
Підкопай М. Ю., Андрєєва Л. І., Мироненко А. А. Коли вода вирішує все: критичні помилки у системах протипожежного водопостачання	119
Поспєлов О. П., Камарчук Г. В., Пилипенко О. І., Зайцева І. С. Розподіл струму в короткозамкнених електротехнічних системах з протяжним елементом	121
Поспєлов Б. Б., Рибка Є. О., Колосков В. Ю. Метод оцінки узагальненої динамічної нестабільності параметрів газового середовища приміщень для раннього попередження пожежі	123
Пурденко Р. Р., Майборода Р. І. Отрош Ю. А., Фігулі Л. Необхідність дослідження механізмів відшарування вогнезахисних покриттів під дією вибухових навантажень	125
Рашкевич Н. В., Лобойченко В. М. Розробка підходу використання геопросторової інформації для оцінки забруднення довкілля	127
Рашкевич О. С., Руцак І. І., Погрібна Ю. В. Технології лазерного моніторингу осередків небезпеки на об'єктах критичної інфраструктури	129
Романюк Р. Я. Алгоритм визначення категорій об'єктів підвищеної небезпеки	131
Рудаков С. В., Щолоков Е. Е. Оцінювання часу евакуації з будівель навчальних закладів інклюзивного типу	133
Рудешко І. В., Романюк В. В. Моделювання сценаріїв надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури	135
Рудешко І. В., Руських Д. С. Інженерний захист об'єктів енергетичної інфраструктури в умовах воєнного стану	137
Самойленко М. С., Степаненко В. О. Пилові вибухи на зернових елеваторах: неочевидна загроза об'єктів підвищеної небезпеки	139
Селіхов Д. Ю., Мамонтов І. О. Підтримання експлуатаційної придатності систем протипожежного захисту: аналіз вітчизняної законодавчої бази та міжнародних стандартів	141
Сербин В. А. Подання та реєстрація декларації відповідності матеріально-технічної бази суб'єкта господарювання вимогам законодавства з питань пожежної безпеки	142
Сур'янінов М. Г., Метлицький В. В. Несуча здатність бетонних і фібробетонних оболонок при зміні їх товщини	144

Тараненкова В. В., Золотарьов К. В., Миргород О. В., Пирогов О. В., Репетило А. В., Кривешко А. М.	
Деякі дослідження складу клінкеру баріймісного портландцементу	146
Томенко В. І., Томенко М. Г.	
Оперативне післяаварійне оцінювання надійності залізобетонних будівель після ударно-вибухових впливів.....	148
Торчевська Є. Е., Степаненко В. О.	
Оцінка ризиків виникнення пожеж на об'єктах підвищеної небезпеки	150
Тригуб В. В., Anszczak M.	
Алгоритм оцінки заходів по зниженню пожежних ризиків	152
Троян І. С., Рашкевич Н. В.	
Попередження надзвичайних ситуацій у будівлях, зведених методом 3D-друку	155
Убайдуллаєв Ю. Н.	
Математична модель вибору раціональної орієнтації арматури в залізобетонних оболонкових конструкціях об'єктів економіки та інфраструктури.....	157
Убайдуллаєв Ю. Н., Столінець С. Л., Поливода М. О.	
Модель динамічної маршрутизації військових автомобільних перевезень при надзвичайних ситуаціях.....	159
Убайдуллаєв Ю. Н., Яременко В. В., Кульбашевський В. А.	
Методика обґрунтування вимог до значень показників надійності системи електропостачання об'єктів економіки та інфраструктури на основі функціонально-топологічного підходу	161
Ференц Н. О., Степаняк Ю. Б.	
Дослідження видимості при пожежі у виробничому приміщенні папероробної машини	163
Фещук Ю. Л., Хроменков Д. Г.	
Огляд методів хімічного аналізу токсичних газоподібних речовин	165
Чистяков С. С.	
Механізми стабілізації телекомунікаційної інфраструктури та мобільного зв'язку в умовах енергетичної нестабільності.....	167
Шановалов О. В., Пристацька Ю. О.	
Гнучкість у забезпеченні електроживленням систем протипожежного захисту у період війни	169
Шенкевич В. Л., Рашкевич Н. В., Сотіріадіс К.	
Дослідження ефективності вогнезахисту будівельних конструкцій	171
Юхновець О. М., Балдук П. Г.	
Параметризація теплотехнічних властивостей матеріалів у Revit, як основа енергоефективного проектування будівель та споруд.....	173
Курчченко І. А., Kalchenko Ya. Yu.	
Fire hazard research of electrical connections.....	175
Levchenk O. G., Zemlyanska O. V., Polukarov Yu. O.	
Problems of population evacuation from combat zones: the experience of 2022–2025.....	177

СЕКЦІЯ 2. МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Афанасенко К. А., Григоренко О. М.	
Оцінка ураження небезпечними чинниками вибуху боєприпасів як критерій управління ризиком.....	179
Бусел А. С., Ковальчук О. І.	
Стратегічний вектор модернізації логістичного забезпечення підрозділів цивільного захисту в умовах системних викликів та цифрової трансформації.....	181

Головко М. О., Мелещенко Р. Г. Актуальність створення інноваційних методів попередження надзвичайних ситуацій	184
Гречка Н. В., Костенко Т. В. Організація захисних укриттів в умовах надзвичайних ситуацій: сучасні виклики та напрями їх подолання	186
Зеленько І. І., Ковальчук О. І. Управління ризиками в надзвичайних ситуаціях: теоретичні та практичні аспекти.....	188
Климчук Ю. В., Ковальчук О. І. Використання нейронних мереж для планування конфігурації територіальних систем безпеки	190
Ковальчук О. І., Ратушний Р. Т. Методологія стратегічного управління цінністю безпекових проєктів на засадах цифровізації HRM та ресурсного менеджменту	193
Кравченко Ю. П., Павлюк Ю. Е. Ризик-орієнтований моніторинг та управління якістю поясів пожежних рятувальних у системі цивільного захисту	196
Кривешко К. С., Степаненко В. О. Використання штучного інтелекту та Big Data Analytics для прогнозування сценаріїв розвитку каскадних надзвичайних ситуацій	198
Курепін В. М. Звукові інструменти оперативного оповіщення населення Миколаєва: стан, проблеми та перспективи розвитку	200
Кустов М. В., Курило А. Г. Інтегрований підхід до оцінки ризиків об'єктів критичної інфраструктури в умовах збройного конфлікту	202
Лазіс М. І. Напрями оптимізації механізмів публічного управління у сфері цивільного захисту під час воєнного стану	204
Мельник І. В. Геоінформаційне моделювання розміщення укриттів як інструмент моніторингу та управління у сфері цивільного захисту міського середовища.....	206
Михайловська Ю. В., Сунко Д. В. Організаційно-правові та практичні аспекти використання фонду захисних споруд цивільного захисту в умовах воєнного стану	208
Мосов С. П., Чубіна Т. Д. Застосування авіації для моніторингу надзвичайних ситуацій: міжнародний досвід.....	210
Нетепчук М. С., Босак П. В., Малихін М. М. Проблемні питання забезпечення доступності укриттів для населення під час повітряних тривог	212
Нуязін О. М., Нешпор О. В., Кришталь Д. О., Мельник В. П. Регресійні залежності температурного режиму пожежі у локальній зоні кабельного тунелю.....	214
Пархоменко В.-П. О., Пархоменко Р. В. Віртуальні тренувальні комплекси для підготовки пожежних-рятувальників	216
Пасинчук К. М., Гарбуз С. В., Карпова Д. І. Ризик-орієнтований підхід до управління протимінною діяльністю в умовах воєнних загроз.....	218
Стовбан Г. М., Босак П. В., Любовецький О. В. Цивільний захист об'єктів критичної інфраструктури на прикладі Бурштинської ТЕС.....	220

Тарнавський А. Б., Любовецький О. В.	
Заходи стійкості для пом'якшення ризиків для об'єктів критичної інфраструктури.....	222
Ткаченко В. А., Сапожнікова Н. Ю.	
Механізми державного управління цивільним захистом в умовах воєнного стану на рівні ОВА, РВА та органів місцевого самоврядування	224
Тульнова С. Ю., Іващенко М. Ю.	
Цифрові технології моніторингу ризиків у системі управління охороною праці та реагування на надзвичайні ситуації.....	226
Хижняк А. А., Кириченко О. В.	
Удосконалення тактико-технічних підходів до ліквідації пожеж на об'єктах нафтогазового комплексу в умовах збройної агресії.....	228
Чубань В. С.	
Модернізація управління цивільним захистом через цифрову комунікацію: стратегічні пріоритети та інституційні бар'єри.....	230
Matsuka V. M., Horbashevska M. O.	
Management of critical infrastructure restoration projects in the conditions of military operations in Ukraine.....	232
Levchenko O. G., Zemlyanska O. V., Polukarov Yu. O.	
Digital transformation of the civil defense system of Ukraine: current challenges and prospects	234

СЕКЦІЯ 3. РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

Антипенко М. О., Вайда Т. С.	
Невідкладні дії працівників чергової служби підрозділу поліції при реагуванні на інформацію про лісову, торф'яну чи степову пожежі	236
Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Колосков В. Ю.	
Напрямки удосконалення організації реагування на надзвичайні ситуації.....	238
Басманов О. Є., Карпова Д. І., Бенедюк В. С., Зазимко О. В., Володченко М. А.	
Нагрів резервуара з нафтопродуктом при пожежі в кількох резервуарах резервуарної групи	240
Белюченко Д. Ю., Іваненко Я. С.	
Особливості оперативних дій з організації гасіння пожеж на полігонах твердих побутових відходів	242
Белюченко Д. Ю., Чередник Є. І.	
Особливості проведення пошуково-рятувальних робіт у гірській місцевості	244
Белюченко Д. Ю., Щербина Р. Г., Чеголя А. В.	
Інженерні основи застосування поліспастних систем у рятувальних операціях	246
Білик В. М.	
Особливості реагування підрозділів Національної поліції України на надзвичайні ситуації в умовах воєнного стану	248
Будяцький В. Л.	
Аналіз проблематики розмінування населених пунктів та деокупованих територій.....	250
Вержак В. В., Виноградов С. А.	
Підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру шляхом використання компресійної піни удосконаленого складу	252
Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В., Антошків Ю. М., Малихін М. М.	
Актуальність дослідження способів підйому по підвішеній штурмовій (гаковій) драбині.....	254

Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В., Поліщук І. М.	
Актуальність дослідження ефективності способів закріплення рятувальної мотузки за конструкцію	256
Гаменко І. О., Панчишин Ю. І.	
Гасіння пожеж за допомогою безпілотних літальних апаратів під час російсько-української війни.....	258
Гапоненко Ю. І., Дегтяренко О. О.	
Особливості використання дрібнодисперсних струменів води для пожежогасіння	260
Дагіль В. Г., Даник О. М.	
Особливості роботи із водними ресурсами під час ліквідації надзвичайних ситуацій у воєнний час.....	262
Дерев'яно О. А., Мірошниченко Д. Ю.	
Пристрій для безперервного виявлення та фіксації осередкових ознак пожежі.....	264
Дубінін Д. П., Алексєєв О. Р.	
Особливості проведення розрахунку сил та засобів під час гасіння пожеж у будівлях підвищеної поверховості.....	266
Землянський О. М., Тирсін О. Р.	
Формування системи попередньої підготовки інфраструктури для швидкого підключення мобільних генераторів.....	268
Зионг Т. Т., Кучеренко Б. Ю.	
Роль телемедицини в екстреній медицині.....	270
Іванів М. Р.	
Методи удосконалення пожежних відцентрових насосів	272
Карпюк І. А., Карпюк М. В.	
Сучасні композитні матеріали в архітектурі та будівництві: шлях до сталого розвитку, хімічної стійкості та радіаційної безпеки	273
Коваленко А. С.	
Планування та управління ризиками у контексті масових енергетичних відключень.....	275
Крутій Ю. С., Пернері А. О., Теорло Н. А., Величко Д. В.	
Модальний аналіз призматичної бетонної балки на параболічно-змінній пружній основі	277
Кулаков О. В.	
Особливості застосування силових кабелів для підключення пересувних генераторних установок в умовах війни	279
Кулаков О. В., Кустов М. В.	
Модель взаємодії феромагнітних елементів вибухонебезпечних предметів з електромагнітом під водою	281
Курепін В. М.	
Регіональна специфіка готовності органів цивільного захисту до реагування на надзвичайні ситуації воєнного характеру: кейс Миколаївської області.....	283
Курепін В. М.	
Ризики та наслідки блекаутів для організації цивільного захисту	285
Курченко В. Г., Мурін М. М.	
Вибір максимальних розмірів приміщення для розподільчої мережі спринклерних повітряних секцій системи водяного пожежогасіння	287
Куценко М. А.	
Шляхи розширення умов використання порошкових засобів гасіння пожежі та їх переваги і недоліки.....	289

Лазаренко О. В., Пазен О. Ю.	
Оцінка ефективності використання вогнегасних речовин для гасіння літій-іонних акумуляторних батарей.....	291
Липовий В. О.	
Статистика пожеж на автостоянках закритого типу.....	293
Литвин М. В., Лин А. С.	
Методи досліджень термозахисних властивостей захисного одягу пожежників-рятувальників.....	295
Мельник В. І.	
Цифрові рішення для ризик-орієнтованого управління надзвичайними ситуаціями у системі цивільного захисту та на об'єктах критичної інфраструктури.....	297
Мельниченко А. С.	
Алгоритм евакуації постраждалого, завислого на страхувальному пристрої, при рятувальних роботах на висоті.....	299
Мельниченко А. С., Іваненко Я. С.	
Алгоритм евакуації постраждалого, завислого на спусковому пристрої, при рятувальних роботах на висоті.....	301
Мота А. Ф.	
Реагування на надзвичайні ситуації в сфері охорони державного кордону.....	303
Неклонський І. М.	
Моделювання діяльності функціонального підрозділу як активного агента в системі управління під час ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.....	305
Неутов С. П., Сур'янінов М. Г., Сур'янінов В. М.	
Порівняння результатів експериментальних та чисельних досліджень тріщиностійкості циліндричних оболонок.....	307
Осадчук М. В., Стилик І. Г.	
Застосування компресійної піни для висотного пожежогасіння.....	310
Остапенко А. О., Пустовіт М. О.	
Роботизація процесів пожежогасіння в умовах підвищеного ризику: огляд сучасного стану та можливостей.....	312
Пархоменко В.-П. О., Михалічко Б. М., Лавренюк О. І.	
Підвищення ефективності водних вогнегасних розчинів за допомогою інгібіторів.....	314
Півторацький В. В., Назаренко С. Ю., Коваленко Р. І.	
Експериментальне дослідження механічних властивостей матеріалу рукава високого тиску при випробуванні зразків на розрив після штучного старіння.....	316
Пліско Ю. В.	
Дії населення в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру.....	318
Погрібний М. А., Реброва О. М., Ребров О. Ю., Васильченко О. В., Щегольова М. Г.	
Відновлення паротурбінного обладнання шляхом наплавлення і термічної обробки.....	320
Присяжний Р. І., Великий Я. Б.	
Порівняльний аналіз моделі розвідки В-SHAF та сучасних тактичних концепцій оцінки пожежної обстановки.....	322
Присяжнюк В. В., Доценко О. Г., Тимошенко О. М.	
Створення випробувальної бази з перевірки окремих технічних вимог пожежної та спеціальної техніки.....	324
Приходько Б. В.	
Особливості реагування на пожежі в природних екосистемах під час війни.....	326
Пушкарьова К. К., Кочевих М. О., Кушнірова Л. О., Терещенко Л. В.	
Особливості процесів гідратації мінералів C_3S та C_3A у наномодифікованих цементних системах на основі білого портландцементу.....	327

Рихва В. В., Кашталян Д. Т.	
Особливості тактики дій пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж на об'єктах зберігання та транспортування нафти та нафтопродуктів	329
Романов С. Ю., Панченко С. О.	
Розроблення прототипу пристрою з шарнірним вузлом для монтажу пожежного ствола	331
Рудаков С. В., Дадашов І. Ф.	
Вдосконалення систем забезпечення пожежної безпеки в лісах	333
Сазанська А. О., Пустовіт М. О.	
Огляд засобів протидії РЕБ та методів захисту каналів управління безпілотних систем.....	335
Сенчихін Ю. М., Махмурян А. С.	
Дослідження глибини гасіння пожежних стволів	337
Сидоренко В. Л., Присяжнюк В. В., Семичаєвський С. В., Осадчук М. В., Якименко М. Л.	
Удосконалення пожежно-рятувальної техніки для роботи в умовах воєнного стану	339
Синевська І. І., Панчишин Ю. І.	
Моніторинг неба під час війни є запорукою безпеки для пожежних-рятувальників під час виконання завдань за призначенням	341
Сіпко А. А.	
Оптимізація алгоритмів пошуково-рятувальних робіт у непридатному для дихання середовищі при ліквідації наслідків аварій на об'єктах критичної інфраструктури	343
Сіпко О. В.	
GIS-інвентаризація та цифровий паспорт пожежних гідрантів як інструмент підвищення готовності зовнішнього протипожежного водопостачання	345
Судніцин Ю. Т., Масловська Г. О.	
Підготовка добровільних пожежних формувань до реагування на надзвичайні ситуації у ролі основних підрозділів	347
Товарянський В. І., Міщаненко Є. А.	
Удосконалення системи логістичного управління як складова забезпечення ефективності реагування на надзвичайні ситуації в умовах воєнного стану	349
Толкунов І. О., Невлюдов І. Ш., Янушкевич Д. А., Носик Р. О.	
Математичне обґрунтування ефективного та безпечного застосування сучасних засобів для знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів.....	351
Тригуб В. В.	
Персоналізований пристрій інформаційної підтримки газодимозахисника.....	353
Федюк Я. І., Доманський Ю. В.	
Гасіння пожеж об'єктів критичної інфраструктури після ураження БПЛА.....	355
Штангрет Н. О., Ковальчук В. І.	
Використання безпілотних авіаційних систем як мобільних ретрансляторів зв'язку при ліквідації наслідків техногенних катастроф	357
Щербак С. М.	
Повідомлення оперативно-чергових служб ДСНС про загрозу або виникнення НСЗ.....	59
Isaiev V., Gridasov A., Buznyk R.	
Analytical method of calculating the change in carbon dioxide concentration during the interaction of a human model and a supply and exhaust ventilation system.....	361

**СЕКЦІЯ 4. ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ
ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ**

<i>Азізов Т. Н., Срібняк Н. М., Циганенко Л. А., Майстренко О. Ф.</i>	
Розрахунок плит з будівельної фанери на міцність зсуву шарів	364
<i>Бандурян Б. Б., Морозов О. М., Журба В. І., Колосков В. Ю.</i>	
Метод визначення та ідентифікації дефектів у конструктивних матеріалах енергетичних установок.....	367
<i>Березюк О. В., Віштак І. В., Горбатюк С. В.</i>	
Вплив параметрів протирадіаційних захисних споруд на частоту злякисних новоутворень.....	369
<i>Бордун І. М., Мальований М. С., Борисюк А. К., Нагурський Н. О.</i>	
Синтез, структура і адсорбційні властивості магніточутливих вуглецевих композитів, виготовлених методом осадження магнетиту на активоване вугілля.....	371
<i>Буйських Н. В., Горбунов Д. В., Горбачов О. Ю., Мазурчук С. М.</i>	
Порівняльна оцінка властивостей захисних покриттів класів АС3 та АС4	373
<i>Возовик Ю. М., Сандрацька А. В.</i>	
Об'єкти рослинного походження як носії доказової інформації при радіаційних аваріях.....	375
<i>Гапон Ю. К., Майборода А. О., Михайловська Ю. В., Гринько Ю. М.</i>	
Експериментальне визначення температури спалаху бутилгліцидилового етеру у відкритому тиглі	377
<i>Гузій С. Г., Барвіцький П. П., Присяжна О. В., Одукалець Л. А.</i>	
Перспективи створення композитних епоксі-магнетитових матеріалів для захисту від мікрохвильового випромінювання побутових та промислових джерел	379
<i>Данченко Ю. М., Андронов В. А., Карєв А. І.</i>	
Прогнозування полярної (кислотно-лужної) складової вільної поверхневої енергії в дисперсійно-наповнених полімерних композитах	382
<i>Каюмова В. О., Троцький Р. С.</i>	
Міжнародно-правові механізми заборони ядерної та хімічної зброї: між формальною заборорою та реальною глобальною загрозою.....	386
<i>Кірєєв О. О., Гапон Ю. К., Трефілова Л. М., Журбинський Д. А.</i>	
Дослідження вогнегасних властивостей двошарової системи легкий сипкий матеріал – швидкотвердіюча піна.....	388
<i>Коліщак В. Р., Іщенко І. І., Школяр Є. В., Мотрічук Р. Б.</i>	
Фортифікаційна міцність: роль бетонів в умовах сучасної війни	390
<i>Кондратьєв А. В., Мельніков С. М., Набокін Т. П.</i>	
Вплив знежирення алюмінієвої фольги на адгезію та формування дефектів у стільникових заповнювачах	392
<i>Мазурчук С. М., Семенов І. К., Горбачова О. Ю., Ломага В. В.</i>	
Дослідження механічної поведінки гетерогенних клейових з'єднань деревини при статичному згині.....	394
<i>Рилєєв Д. Р., Степаненко В. О.</i>	
Небезпека виникнення аварій при проведенні хімічних процесів та їх попередження.....	396
<i>Скородумова О. Б., Чернуха А. А., Лисак Н. М., Русенко К. О.</i>	
Гелеутворення в системі гібридний силіказоль – фосфоровмісні добавки.....	398
<i>Скрипинець А. В., Саєнко Н. В., Гуріна Г. І., Кабусь О. В., Саєнко Л. В.</i>	
Вплив топології полімерної сітки та кінетики отвердіння на властивості епоксиретанових матеріалів	400

Старікова С. Л., Старіков В. В., Воронцов М. Ю.	
Стабільність аморфного стану оксиду ніобію при термопольовому впливі.....	402
Трегубов Д. Г., Нуязін В. М., Журбинський Д. А., Чорний Я. О., Турбін Є. А.	
Вплив надмолекулярної будови на вибухові властивості амонійної селітри.....	404
Трегубов Д. Г., Чиркіна-Харламова М. А., Гончаренко Я. М., Даник О. М., Сергієнко О. В.	
Хімізм режимів очищення стічних вод мікродуговими розрядами.....	406
Фірсов С. А., Дикань С. А., Єфремова В. П.	
Чи потрібно на воєнний час планувати режими радіаційного захисту?	408
Черненко О. М., Фільчук І. Ю., Мохна Л. І.	
Ядерна загроза: наслідки та дії.....	410
Чиркіна-Харламова М. А., Рилєєв Д. Р., Крупський С. С.	
Технічні засоби радіаційного моніторингу у країнах Північноатлантичного альянсу	412
Шуранков Є. О., Бойков В. С., Новгородченко А. Ю.	
Використання програмного комплексу ArchiCAD для моделювання навчальних аудиторій	414
Karandashov O. H., Pidhorna L. P., Cherkashyna H. M.	
Research on the properties of glass-, basil-carbon plastics and aluminum structures adhesive joints	416
Polishchuk M., Lebedev V. V., Lytvyn A. O., Shestopalov O. V.	
Research into the structuring processes of multifunctional multispectral composites based on orthophthal polyester oligomers	418

СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Белюченко Д. Ю., Щербина Р. Г., Полов'ян А. В.	
Аналіз факторів що впливає на розрив елементів страхувальних систем.....	420
Блоконь К. В., Мальований М. С., Проскурнін О. А., Мележик Р. С.	
Каталітичне знешкодження газових викидів смолопереробного цеху коксохімічного виробництва	422
Босюк А. С., Філоненко А. В., Бабак К. О., Кондратенко О. Ю.	
Аналіз даних інтерактивної мапи потенційної шкоди довкіллю	424
Бригада О. В., Гриценко М. С.	
Аналіз середньодобових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі м. Суми	426
Бутенко Е. О.	
Синтетичні аніонні глини (шаруваті подвійні гідроксиди) в системах екологічного захисту водних об'єктів промислових регіонів: сорбція органічних сполук та утилізація відпрацьованих сорбентів.....	428
Великий А. О., Цимбал Б. М.	
Система управління охороною праці на підприємствах критичної інфраструктури в умовах воєнного стану	431
Віштак І. В., Іскра М. А.	
Роль інструктажів та навчання з охорони праці у формуванні безпечного виробничого середовища	433
Войналович О. В., Тимочко В. О., Вісин О. О.	
Логіко-імітаційне моделювання впливу виробничих чинників на професійний ризик працівників автотранспорту	435

Войналович О. В., Хмельовський В. С., Мотрич М. М., Тимочко В. О.	
Дослідження небезпек і професійних ризиків на механізованих процесах у тваринництві.....	437
Гембара Т. В.	
Розрахункові методи та технічні засоби контролю концентрації вуглекислого газу в приміщеннях з системою припливно-витяжної вентиляції.....	439
Голобородько Є. М., Цимбал Б. М.	
Управління психосоціальними ризиками рятувальників у надзвичайних ситуаціях воєнного та техногенного характеру	441
Горишев Д. М.	
Оцінювання руйнування водних ресурсів Лівобережної України	443
Єгорченкова Т. Д., Цимбал Б. М.	
Людський фактор у порушеннях вимог охорони праці під час ліквідації наслідків бойових дій.....	445
Іваненко В. С.	
Вплив блекаутів на ментальне здоров'я та механізми адаптації	447
Коваленко О. С.	
Дослідження річки Сіверський Донець на ділянці смт. Печеніги – м. Харків.....	449
Краснов В. А., Рашкевич Н. В.	
Підходи до оцінювання техногенно-екологічних наслідків ракетно-артилерійських уражень.....	452
Кузьменко О. В., Цимбал Б. М.	
Вплив тривалих надзвичайних навантажень на професійну надійність та безпеку персоналу ДСНС.....	454
Купріяшкіна О. В., Крусір Г. В., Мальований М. С., Кочубей В. В., Соколова Т. І.	
Інструментальні дослідження модифікаційних змін біочарів з рисового лушпиння.....	456
Курепін В. М.	
Інтегровані підходи до управління безпекою та здоров'ям персоналу підприємств в умовах воєнного стану	458
Курільчук К. А., Степаненко В. О.	
Психологічна стійкість персоналу ОПН як чинник запобігання помилкам, спричиненим людським фактором	460
Лінчевський Є. А., Кириченко О. В., Школяр Є. В.	
Чинники вразливості та механізми стабілізації критичної транспортної інфраструктури України	462
Луценко Т. О.	
Правові аспекти встановлення факту вчинення екологічного правопорушення.....	464
Луцик В. В., Цимбал Б. М.	
Професійні ризики рятувальників ДСНС України при роботі на проїзній частині та шляхи їх мінімізації	466
Матухно В. В.	
Підвищення рівня охорони праці піротехнічних підрозділів шляхом використання боді-камер під час оперативного розмінування	468
Мусієнко А. С., Юрченко В. О.	
Екологічні наслідки лісових пожеж для системи ліс-агрорландшафт-населений пункт	470
Мусич О. Г., Зубко О. В., Гузій С. Г.	
Біопшкодження полімерів мікроміцетами. екологічний аспект	472
Несен І. О., Бакушина К. С.	
Екологічна безпека в умовах війни: захист довкілля та здоров'я людини в Україні (2022–2026)	474
Отрош В. Ю., Рашкевич Н. В., Михайлюк Г. О.	
Сучасні підходи до забезпечення екологічної та техногенної безпеки в містобудуванні.....	476

Паламарчук В. Є.	
Механізми збереження продуктивності аграрних підприємств під впливом руйнувань, інфляції та блекаутів.....	478
Педан А. В., Рибка Є. О.	
Екологічні наслідки воєнного впливу на річку Оскіл та напрями її ревіталізації	480
Пеліхатий А. В.	
Роль професійної ідентичності та відданості землі у формуванні мотивації аграріїв під час війни	483
Петрищев А. С., Кравченко Н. Ю.	
Вплив забруднення від транспорту на навколишнє середовище та безпеку життєдіяльності людини	485
Присяжнюк В. В., Семичаєвський С. В., Осадчук М. В., Якіменко М. Л., Свірський В. В., Тимошенко О. М.	
Про розроблення національних стандартів України на каски пожежника та рятувальника.....	487
Присяжнюк В. В., Семичаєвський С. В., Якіменко М. Л.	
Обґрунтування необхідності контролю ергономічних показників якості захисного спорядження пожежника.....	490
Проскурнін О. А., Василенко С. Л., Комариста Б. М., Дем'янова О. О., Крусір Г. В., Цапко Н. С.	
Оцінка стану водних об'єктів у зоні дії аварії за інтегральними показниками.....	492
Райко З. Д., Сосновська А. В., Мітюк Л. О.	
Хімічна небезпека у поліграфічному виробництві як складова системи цивільного захисту	494
Римар Т. І., Сушко Н. С.	
Оцінювання необхідної теплоізоляції одягу для підтримання теплового балансу організму працівників в умовах холоду	496
Сіпко А. А., Титаренко О. В.	
Оцінка ризиків та управління безпекою праці особового складу при проведенні аварійно-рятувальних робіт у задимлених приміщеннях	498
Смирнов О. М.	
Утилізація 122-мм реактивних снарядів 9М22У є важливим кроком для попередження надзвичайних ситуацій у місцях їх зберігання	500
Титаренко О. В., Сіпко А. А.	
Підбір засобів індивідуального захисту органів дихання на основі фільтрувального респіратора	502
Товарянський В. І., Радзіонов К. С.	
Лісові пожежі як чинник екологічних загроз в умовах війни	504
Хром'як У. В., Мільчаковський І. М.	
Фізико-хімічні показники питної води у колодязях селищ Комарівка та Підлиман Харківської області.....	506
Черненко О. М., Вовк Н. П., Дячкова О. М.	
Організація охорони праці в закладах освіти	508
Шароватова О. П.	
Проблемні аспекти розслідування нещасних випадків, професійних захворювань та аварій в реаліях сучасної України	510
Шевчук В. М., Підгайчук С. Я., Машиовець Н. С.	
Охорона праці як складова особистої безпеки в Державній прикордонній службі України	512

Шестопалов О. В., Босюк А. С., Шкон А. О., Куліні С. С., Хан Цзі	
Інтенсифікація реагентного очищення стічних вод від завислих речовин у модульних енергоефективних установках	514
Ямпольський Е. О., Босюк А. С.	
Вплив токсичних складових зруйнованих будівель на ґрунтово-водні системи в умовах війни.....	516
Яценко Я. В., Колесніченко О. В., Каверин К. О., Бондаренко О. П.	
Видовий склад рослин для садів на штучних основах в місті Києві.....	518
Bryhada O. V.	
Occupational injuries during work in confined spaces of sewerage systems.....	520
Ivashchenko M. Yu.	
Psychosocial risks and mental health of construction workers	522
Kondratenko O. M., Umerenkova K. R., Koloskov V. Yu., Koloskova H. M., Lytvynenko O. O.	
Determination of the heat capacity, enthalpy and entropy of the nitrogen as a working body of a piston cryoengine as ecological and technogenic safety product of sorption metal hydride technologies.....	524
Kondratenko O. M., Umerenkova K. R., Koloskov V. Yu., Lytvynenko O. O., Borysenko V. H.	
Inversion of isotopic effect in mathematical modelling of phase diagrams in LaNi ₅ -H ₂ (D ₂) metalhydride sorbtion system as aspect of technogenic and ecological safety	526
Shvets G. S., Andronov V. V., Danchenko Yu. V., Olijnyk H. S., Kornytska L. A.	
Steam-thermal modification of hemp fiber to improve the performance properties of textile packaging.....	528
Starodub Yu., Mykhalichko B., Kuplyovskyi B., Polcik H., Hushchak R., Lykhodid K.	
Modeling of geo-physical and chemical parameters of hydroobjects of the waterway from the baltic sea to the Black sea	530
Borsuk O. V., Kalchenko Ya. Yu., Oliinyk V. V., Kostyrka O. V.	
Investigation of the behavior of steel I-beams with mineral wool fire insulation cladding during fire exposure	532
Haidai O.I., Borsuk O.V., Oliinyk V.V.	
Model of cooling the wall of a vertical steel tank by a water film flowing down its surface	534
Sviatchenko A. O., Kostyrka O. V.	
Improving the effectiveness of early fire detection at critical infrastructure facilities	536
Вайда Т. С.	
Застосування термобаричних гранат під час загальновійськового чи поліцейського бою в умовах війни: особливості дії боєприпасу та захист від нього	538
Закарлюка А. П., Дурєєв В. О.	
Моделювання роботи теплового пожежного сповіщувача з термістором	540
Кривешико А. М., Дурєєв В. О.	
Вибір гідравлічних параметрів системи водяного пожежогасіння	542
Мірошниченко Д.Ю., Дурєєв В. О.	
Схема управління виконавчим пристроєм адаптивної системи протипожежного захисту	544
Радєв Д.К., Шиняєв Д.С., Костирка О.В.	
Удосконалення автоматичного контролю пожежонебезпечних параметрів у системах протипожежного захисту	546
Тищенко Є. О., Куценко М. А., Маладика Л. В., Котляр Д. О.	
Багатофункціональна лабораторна установка та методика визначення вогнегасної ефективності порошків та аерозолей	548

Наукове видання

«Problems of Emergency Situations»

*Матеріали
Міжнародної науково-практичної конференції
21 травня 2026 року*

Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: Національний університет цивільного захисту України, 2026. 566 с.

*За зміст вміщених у збірник матеріалів
персональну відповідальність несуть автори*

Відповідальний за випуск Ю. А. Отрош, Н. В. Рашкевич
Технічні редактори Н. В. Рашкевич, Л. І. Андрєєва, І. В. Мельник, Е. Е. Щолоков

Підписано до друку 24.03.2026 Формат А4 (60 x 84 1/8)
Гарнітура Times New Roman.
Обл.-вид. арк. 37,31. Ум. друк. арк. 64,75

Надруковано ФОП» Супрун Т. О.
Дата та номер запису в Єдиному державному реєстрі
23.09.2024 р. № 201035000000647670
Україна, 61007 м. Харків, вул. Миру, 32.
Тел. 096 132 53 75

