

[pesconf.nuczu.edu.ua](http://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

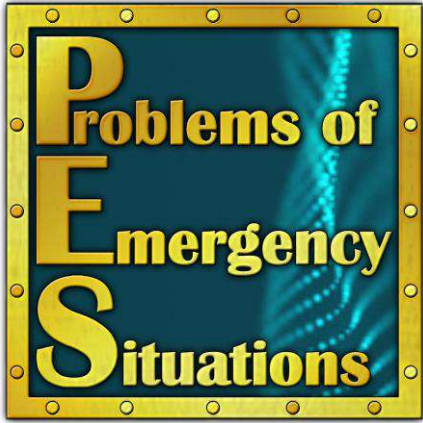
Kharkiv





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

---



Міжнародна  
науково-практична конференція

Проблеми  
надзвичайних  
ситуацій

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Харків  
16 травня 2024 року

*Редакційна колегія*

**РОМАНИЮК Ігор**, т. в. о. ректора Національного університету цивільного захисту України (Україна);  
**ANSZCZAK Marcin**, EngD, Academia Pozarnicza (Poland);  
**CHEN Jenq-Renn**, PhD, Distinguishty Professor, Director, National Kaohsiung University of Science and Technology (Taiwan);  
**DUNCAN Andy**, Ukraine Coordinator, International Committee of the Red Cross (Switzerland);  
**ROTHBACHER Dieter**, Managing Director CBRN Protection GmbH (Austria);  
**ROMANO Luca**, Avvocato dell' Atomo (Italy);  
**SUZUKI Erika**, Cofounder, Head of Business Development, Gamma Reality Inc. (GRI) (USA);  
**SOBOTKOVA Nikola**, Nuvia Company (Czech);  
**TURUTANOV Oleh**, PhD, Comenius University (Slovakia);  
**WOŹNIAK Andrzej**, Deputy Head of Department, Defence & Security Systems Sales and Marketing Department MDS (Poland);  
**ZOLTAN Rajnai**, EngD, Professor, Óbuda University (Hungary);  
**АНДРОНОВ Володимир**, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет цивільного захисту України;  
**АФНАСЕНКО Костянтин**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**БАМБУРА Андрій**, доктор технічних наук, професор, ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (Україна);  
**ГОЛНЬКО Василь**, доктор технічних наук, професор, НТУ «Дніпровська політехніка» (Україна);  
**ГОЛОДНОВ Олександр**, доктор технічних наук, професор, ТОВ «Стальпроектконструкція ім. В.М. Шимановського» (Україна);  
**ДАДАШОВ Ільгар**, доктор технічних наук, професор, Академія Міністерства надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки (Баку, Азербайджан);  
**ДАНЧЕНКО Юлія**, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (Україна);  
**КЛЮЧКА Юрій**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**КОНДРАТЬЄВ Андрій**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова (Україна);  
**НІЖНИК Вадим**, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (Україна);  
**ОТРОШ Юрій**, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**ПЕТРУК Василь**, доктор технічних наук, професор, Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету (Україна);  
**РИБКА Євгеній**, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**РОМІН Андрій**, доктор наук з державного управління, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**СУР'ЯНІНОВ Микола**, доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна);  
**ВАСИЛЬЧЕНКО Олексій**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**МИХАЙЛОВСЬКА Юлія**, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

*Відповідальний секретар:*

**РАШКЕВИЧ Ніна**, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

*Технічні секретарі:*

**МАЙБОРОДА Роман**, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

**ЩОЛОКОВ Едуард**, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

**Problems of Emergency Situations:** Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2024. 365 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 факультету пожежної безпеки (протокол № 9 від 08.04.2024 р.).*

**Шановні колеги та колежанки!**

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

Цього року мені вперше випала нагода привітати від імені наукових та науково-педагогічних працівників Національного університету цивільного захисту України всіх учасників наукового он-лайн форуму, який вже 5-й рік поспіль проводиться в стінах нашого закладу вищої освіти.

Наближеність східних кордонів держави і, зокрема, м. Харкова до лінії бойових дій, зумовила підвищення навантаження на рятувальні підрозділи та розширення різноманіття надзвичайних ситуацій. Перед підрозділами ДСНС в умовах сьогодення стоять складні та багатогранні завдання, пов'язані, на жаль, з великим ризиком для життя. Докладаючи максимум зусиль, рятувальники на усіх фронтах не словом, а справою доводять, що людське життя є найвищою цінністю, особливо в час, коли агресор нещадно нищить усе.

Наш захід безсумнівно відповідає викликам часу. Аспекти, які пропонуються до обговорення в ході роботи конференції, є актуальними, пріоритетними, значущими і традиційно розглядаються під девізом «Запобігти. Врятувати. Допомогти».

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

Вже традиційними стали доповіді, які присвячені питанням запобігання надзвичайним ситуаціям, науково-практичним аспектам моніторингу та управління у сфері цивільного захисту, реагуванню на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків, хімічним технологіям та інженерії, радіаційного та хімічного захисту, екологічної безпеки та охорони праці, адже багатьох надзвичайних ситуацій можна було б уникнути або зменшити їх наслідки, маючи на озброєнні сучасні методи та засоби для їх запобігання.

Приємно відзначити участь у конференції та всебічну підтримку наших колег – практиків, науковців Республік Австрії, Азербайджану, Італії, Польщі, Чехії, а також, Швейцарської Конфедерації, Королівства Іспанії, Сполучених Штатів Америки, Сполученого Королівства Великої Британії, Японії.

Окрім цього в конференції взяли участь представники практичних підрозділів: Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України, ГУ ДСНС України у Донецькій області, ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області, ГУ ДСНС України у Житомирській області, ГУ ДСНС України у Київській області, ГУ ДСНС України у Луганській області, ГУ ДСНС України у Рівненській області, ГУ ДСНС України у Полтавській області, ГУ ДСНС України у Харківській області, ГУ ДСНС України у Херсонській області.

Бажаю всім учасникам Міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**» міцного здоров'я, родинного затишку, творчої наснаги та непересічних успіхів у професійній діяльності. Нових вам відкриттів, неперевершених звершень задля добробуту українського народу, в ім'я процвітання України.

**Разом до Перемоги! Слава Україні!**

Т.в.о. ректора Національного університету  
цивільного захисту України



Igor ROMANIUK

## СЕКЦІЯ 1

# ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

УДК 614.84:661.96

## ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРИ ОДЕРЖАННІ ОЦІНОК ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ

*Абрамов Ю.О., д.т.н., професор,*

*Кривцова В.І., д.т.н., професор,*

*Михайлюк А.О., к.т.н., с.н.с.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Обґрунтована необхідність використання показників надійності для систем, які відновлюють свій стан, при одержанні оцінок пожежонебезпечного стану систем зберігання та подачі водню.

Алгоритми функціонування підсистем пожежної безпеки систем зберігання та подачі водню включають моніторинг або контроль пожежонебезпечного стану таких систем. При проведенні моніторингу систем зберігання та подачі водню має місце вплив суб'єктивного фактора, а їх пожежонебезпечний стан визначається за допомогою якісних показників. При контролі пожежонебезпечного стану таких систем використовуються кількісні показники [1].

В [2] наведений алгоритм визначення рівня пожежонебезпеки систем зберігання та подачі водню, який наведено у вигляді граф-схеми. Така граф-схема використовується для побудови системи логістичних функцій, які забезпечують перехід до ймовірнісних показників. Але використання такого підходу до одержання оцінок рівня пожежонебезпеки систем зберігання та подачі водню передбачає використання експертних оцінок, що вносить елемент невизначеності в цю оцінку. В [3] наведені кількісні показники для оцінки ризиків стосовно бортових систем зберігання та подачі водню. В якості таких показників використовується вартість людського життя на одну пожежу транспортного засобу та річний рівень смертності. Поява пожежовибухонебезпечних ситуацій при експлуатації резервуарів як елементів систем зберігання та подачі водню досліджувалась в [4] теоретичним шляхом, а в [5] експериментально. Але в цих роботах є відповідь на питання стосовно того, «що буде, якщо», але відсутня відповідь на питання стосовно того, яка ймовірність появи умов, що ведуть до вибуху резервуарів. В [6] одержані результати по оцінці ймовірності появи горючого середовища в системі зберігання та подачі водню, в основі яких лежить використання показників безвідмовності її основних елементів. При цьому враховується як катастрофічні, так і параметричні відмови елементів системи. Для одержання оцінок мультиплікативної складової показника безвідмовності основного елемента системи зберігання та подачі водню, яка обумовлена параметричною відмовою, в [7] використовуються його частотні характеристики. Слід зазначити, що всі дослідження пожежної безпеки систем зберігання та подачі водню, в яких використовуються показники надійності, об'єднує те, що в таких системах не передбачається відновлення їх пожежонебезпечного стану.

При відновленні пожежонебезпечного стану систем зберігання та подачі водню та подачі водню виникає необхідність у визначенні часу відновлення.

Якщо  $D_0$  – достовірність пожежотехнічного обстеження, то час відновлення  $T_v$  такої системи бути визначено згідно із виразом

$$T_v \leq P_{\text{доп}} [(1 - P_{\text{доп}}) D_0 \lambda]^{-1}, \quad (1)$$

де  $P_{\text{доп}}$  – допустиме значення ймовірності знаходження системи зберігання та подачі водню в пожежонебезпечному стані;  $\lambda$  – інтенсивність переходу системи від пожежонебезпечного стану до пожежонебезпечного стану.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О., Кривцова В.І., Михайлюк А.О. Газогенератори систем зберігання та подачі водню на основі гідро реагуючих складів: моделі, характеристики, методи контролю. Х.: НУЦЗУ, 2020. 87 с.
2. Abramov Yu.A., Krivtsov V.I., Solovey V.V. Sistemy khraneniya i podachi vodoroda na osnove zhestkikh veshchestv dlya bortovykh energeticheskikh ustanovok. Kh., 2002. 277 s.
3. Dadashzadeh, M., Kashkarov, S., Makarov, D., & Molkov, V. (2018). Risk assessment methodology for onboard hydrogen storage. *International Journal of Hydrogen Energy*. 43 (12). 6462–6475. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.01.195>
4. Zhang, Y., Cao, W., Shu, C.-M., Zhao, M., Yu, C., Xie, Z., Liang, J., Song, Z., & Cao, X. (2020). Dynamic hazard evaluation of explosion severity for premixed hydrogen-air mixtures in a spherical pressure vessel. *Fuel*. 261. 116433. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116433>
5. Li, B., Han, B., Li, Q., Gao, W., Guo, C., Lv, H., Liu, Y., Jin, X., & Bi, M. (2022). Study on hazards from high-pressure on-board type III hydrogen tank in fire scenario: Consequences and response behaviours. *International Journal of Hydrogen Energy*. 47 (4). 2759–2770. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.205>
6. Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., Khmyrov, I. (2023). Determining the possibility of the appearance of a combustible medium in the hydrogen storage and supply system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling system*. 2/4 (122). 47–54. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276099>
7. Абрамов Ю.О., Кривцова В.І., Михайлюк А.О. Визначення надійності газогенератора системи зберігання та подачі водню. *Комунальне господарство міст. Том 3, вип. 177*. 2023. С. 142–146. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-142-146>

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВИБУХОВОГО ТИПУ В  
ЗАДАЧАХ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ПК ЛІРА-САПР**

*Барабаш М.С.<sup>1,2</sup>, д.т.н., професор,*

*Бармін І.В.<sup>2</sup>, аспірант*

*<sup>1</sup>ТОВ ЛІРА-САПР,*

*<sup>2</sup>Національний авіаційний університет*

У зв'язку з бойовими діями, що тривають на території нашої країни, кількість будівель та інженерних споруд, які постраждали від ударної хвилі, з кожним днем значно збільшується. Вивчення конструктивної безпеки та живучості несучих залізобетонних конструкцій за таких впливів є актуальним завданням, особливо для критичної інфраструктури.

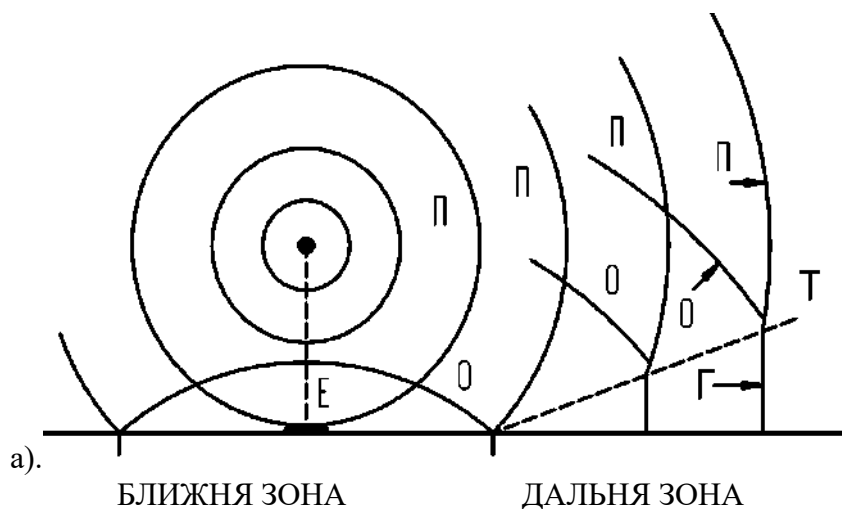
Вибух – це короткочасний процес перетворення речовини, при якому виділяється велика кількість енергії в малому об'ємі. Під час вибуху в атмосфері спостерігаються хвилі тиску повітря, які поширюються як область стиснення і викиду на фронті тиску, температури, щільності і швидкості частинок середовища (масової швидкості). У разі вибухових спалахів, які мають сферичну форму і мають (потенційну) відстань, що перевищує кілька їх характерних розмірів, ефективність ударної хвилі порівнянна з дією сферичного заряду. Профіль хвильового фронту також сферичний. Як наслідок, форма заряду практично не впливає на параметри повітряної ударної хвилі на відстанях, що мають практичне значення. Крім того, загальний об'єм заряду вибухової речовини на цих відстанях малий порівняно з об'ємом повітря (за фронтом ударної хвилі), що бере участь у русі. Ці обставини призводять до певної абстракції, яка полегшує розрахунок параметрів ударної хвилі методом «точкового вибуху».

Під час бойових дій необхідно розраховувати громадські та промислові будівлі, щоб впливати на ударні хвилі під час вибуху. Вибухові дії можуть спричинити значні або повні руйнування будівель. Неможливо розрахувати конструктивне навантаження будівель, щоб переконатися, що вони витримають вплив усіх можливих небезпек, через їх недостатню визначеність. Однак можна досліджувати різні методи підвищення надійності конструктивних опор будівлі, щоб локальне руйнування не призводило до прогресуючого руйнування (або втрати стійкості).

Розглядаючи різні види точкових вогнів, включаючи повітряні та наземні. Складність впливу точкового вибуху, який враховує тиск вибухової хвилі, з урахуванням відстані між об'єктом і місцем вибуху, полягає в тому, що тиск вибухової хвилі перевищує атмосферний тиск. Цю проблему можна подолати лише за допомогою чисельних методів у програмних компонентах САПР. Проблема точкового вибуху розглядається в трьох різних типах симетрії: сферичній, циліндричній і площинній. Циліндрична симетрія – це назва зарядів, які розподілені вздовж прямої лінії, а плоска симетрія – термін для зарядів, розташованих у певній площині. Дія ударних хвиль залежить від типу симетрії та розташування точки (прямої, площини) відносно Землі. Під час повітряного вибуху сферична ударна хвиля досягає поверхні землі і відбивається від неї (рис. 1) [1]. На деякій відстані від центру вибуху (проекції центру вибуху на землю) фронт відбитої хвилі узгоджується з фронтом падаючої хвилі, в результаті чого утворюється первинна хвиля з вертикальним фронтом, який тягнеться від центру до землі. Близня зона, в якій відсутній злиття фронтів, називається зоною регулярного відбивання, а дальня зона, в якій міститься основна хвиля, називається зоною нерегулярного відбиття (на шляху потрійної точки злиття трьох фронтів). В районі



помірної висоти вибуху тиск в ударній хвилі високий. У зв'язку з цим найбільше значення мають дані про ударну хвилю в далекій області.



**Рис. 1.** Схема утворення хвиль під час повітряного вибуху: Е – епіцентр вибуху; П – фронт падаючої хвилі; О – фронт відбитої хвилі; Г – фронт головної ударної хвилі; Т – траєкторія потрійної точки.

**Висновок.** Безпека та живучість несучих залізобетонних конструкцій під час вибухів є важливою проблемою, особливо для критичної інфраструктури. Ударна хвиля від вибуху – це короткочасний процес, який вивільняє велику кількість енергії в невеликому об'ємі, викликаючи хвилі тиску повітря, які поширюються як область стиснення та викиду. Ефективність ударної хвилі порівнянна з ефективністю сферичного заряду, профіль хвильового фронту також сферичний. Задача точкового вибуху розглядається в трьох різних типах симетрії: сферичній, циліндричній і площинній. Дія ударних хвиль залежить від типу симетрії та розташування точки відносно Землі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Барабаш М.С., Костира Н.О., Максименко В.П., Бармін І.В. Моделювання динамічних навантажень вибухового типу в задачах дослідження міцності будівельних конструкцій з використанням ПК ЛІРА-САПР. Наука та будівництво. Том 38, № 4. 2023. С. 20–27.

## ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВИБУХІВ НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ В ANSYS MECHANICAL

*Барабаш М.С.<sup>1,2</sup>, д.т.н., професор,*

*Донець Т.П.<sup>1</sup>, аспірант*

*<sup>1</sup>ТОВ ЛІРА-САІР,*

*<sup>2</sup>Національний авіаційний університет*

Під час військової агресії російської федерації яка триває вже понад 10 років значна кількість будівель і споруд зазнає руйнувань внаслідок прямого влучання та детонації боєприпасів, атаки дронів і ракет тощо. Будівлі зазнають руйнувань не тільки в районі активних бойових дій, але й в усіх містах України [1, 2]. Під час вибуху відбувається швидкоплинне вивільнення великої кількості енергії внаслідок хімічної реакції. Внаслідок цієї реакції утворюється велика кількість газів та тепла. Також для вибуху характерна миттєва зміна тиску що призводить до появи вибухових хвиль [3]. Тому зараз є необхідність у дослідженні цих непростих і швидкоплинних процесів за допомогою сучасних програмних комплексів, які мають для цього можливості.

Один з таких програмних комплексів – Ansys Mechanical, в якому наявні два модулі Explicit Dynamics і Ls Dyna. В модулі Explicit Dynamics (явна динаміка) наявні можливості для моделювання швидкоплинних нелінійних фізичних процесів та явищ (високошвидкісні ударні навантаження, вільне падіння, навантаження, що призводять до великих деформацій матеріалу, вибухове навантаження тощо). В студентській версії Ansys існує обмеження на кількість вузлів та елементів, їхня максимальна кількість не повинна перевищувати 128000 вузлів та елементів. Ці обмеження істотно впливають на можливості моделювання, враховуючи те, що будівельні конструкції переважно мають великі розміри.

В результаті проведених розрахунків можна отримати надлишковий тиск  $P_0$  який утворюється біля ВР (вибухової речовини) внаслідок детонації, переміщення (прогини) конструкції, деформації та напруження які виникають в конструкції та ступінь пошкодження (ерозії).

В бібліотеці Ansys наявна велика кількість різних матеріалів. Для будівельних конструкцій – бетон (concrete) та арматура (construction steel), а для вибухівки – тротиловий еквівалент (TNT). Для моделювання розрахунку такого типу необхідні не тільки фізико-механічні характеристики матеріалів, а ще й динамічні які є в бібліотеці матеріалів спеціально для модулю Explicit Dynamics.

Для виконання складних інженерно-технічних розрахунків за допомогою ПК Ansys Mechanical необхідна значна кількість часу та потужностей. В зв'язку з цим у Explicit Dynamics реалізовано Ейлерівський домен (Euler Domain, рис. 1.а), який обмежує розрахункову область моделі, тобто обмежує поширення скінченних елементів за межі цієї зони. Елементи які потрапляють за межі встановленої зони (Euler Domain) в розрахункову модель і подальші розрахунки – не включається. Домен має значну кількість параметрів (рис 1.б) для налаштування – розміри, кількість скінченних елементів на які буде поділений домен, обмеження границі домену.

В модулі явної динаміки (Explicit Dynamics) можна активувати функцію ерозії (erosion). Ця функція в процесі розрахунку видаляє елементи які досягають певних критеріїв. Критерії можуть обмежуватись значними деформаціями геометричних параметрів або руйнування матеріалу. При активації двох умов – елементи будуть видалятися на основі умови яка настане раніше.

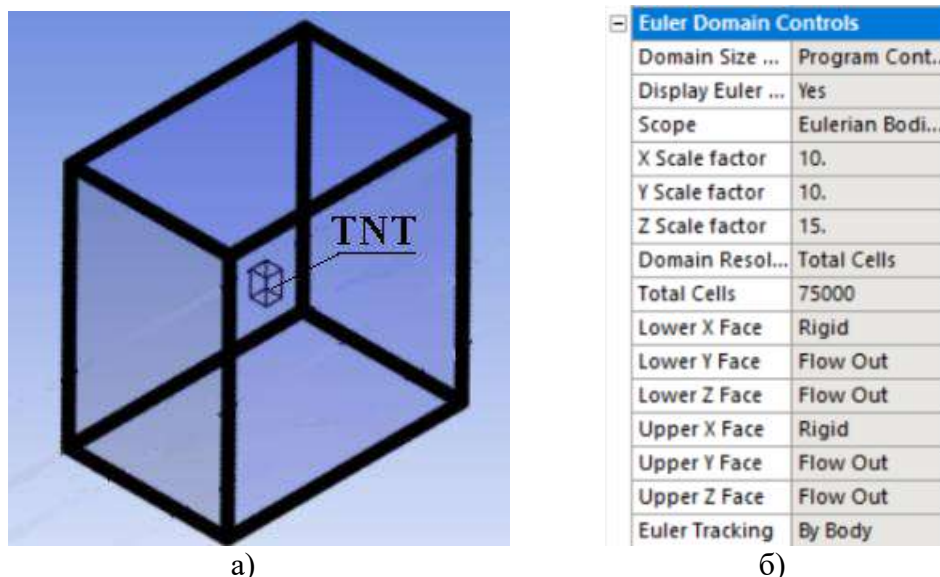


Рис. 1. Загальний вигляд Ейлерівського домену (Euler Domain) (а), параметри Ейлерівського домену (б).

Для розрахунку була обрана стінова панель. В результаті виконаних розрахунків було отримано напружено деформований стан та деформації, а також ерозію елементів конструкції. На основі отриманих даних можна оцінити міцність конструкції, напруження в арматурі та розглянути заходи щодо підвищення стійкості та міцності конструкції.

До недоліків таких розрахунків можна віднести:

- 1) Необхідність значних потужностей;
- 2) Значні витрати часу;
- 3) Складний інтерфейс та функціонал ПК;
- 4) Тонкощі порівняння експериментальних та розрахункових даних.

З урахуванням вищенаведених недоліків, слід зазначити, що потенціал і можливості ПК Ansys являються без перебільшення передовими, для виконання розрахунків такої складності.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Лісеній О., Глуховський В., Мар'єнков М., Дубовик С., Любченко І., Яковенко М. Обстеження, оцінка технічного стану та умови відновлення житлового будинку на проспекті в. Лобановського, 6-а в м. Києві, пошкодженого внаслідок воєнних дій. 2023. 33(3–4).
2. Табаркевич Н., Сергійчук В., Белоконь А., Табаркевич О. Особливості обстеження та оцінки технічного стану житлового будинку, пошкодженого внаслідок військових дій, щодо його придатності до подальшої експлуатації. Наука та будівництво. 2023. 35(1).
3. Xiao, T. (2014). Study on calculating methods of positive impulse of shock wave pressure. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance. 34(5). 94–97.

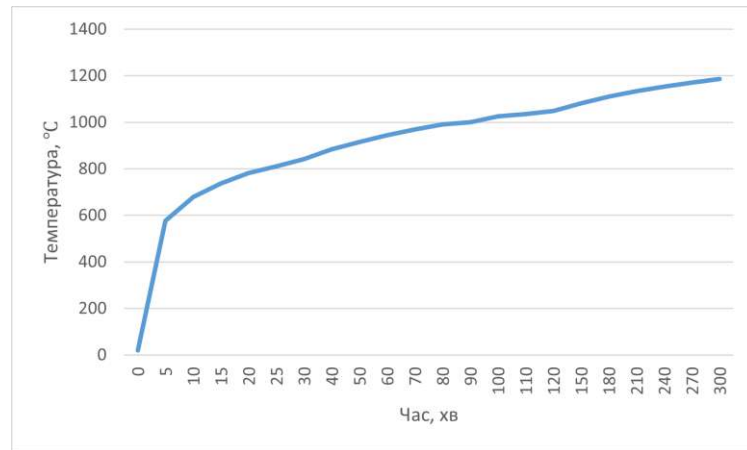
## ОЦІНКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ВПЛИВУ НА ПЕРЕРІЗ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ ПЕРЕКРИТТЯ

*Башинський О.В., аспірант*

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

Мета дослідження – визначення теплофізичних та жорсткісних характеристик перерізу сталеві балки перекриття при впливі вогню. Досліджується розподіл температурних полів та вплив температури на несучу здатність перерізу. Порівнюються методи оцінки жорсткісних характеристик перерізу при врахуванні неоднорідного розподілу температури.

У випадку дії високих температур на сталеві конструкції при стандартному температурному режимі (рис. 1), в тому числі на балки, тепловий розподіл по поперечному елементу перерізу відбувається нерівномірно.



**Рис. 1. Стандартний температурний режим.**

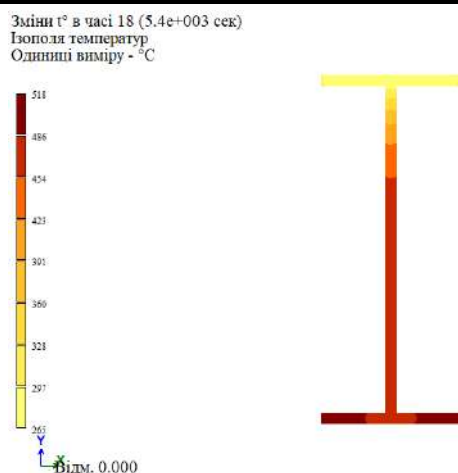
Графік пожежі при стандартному температурному впливі формується за формулою (1):

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

де  $\theta_g$  – температура газового середовища,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $t$  – час, хв.

Нерівномірний розподіл температури може виникати з різних причин. Однією з таких причин є нерівномірний прогрів перерізу через нерівномірне нанесення вогнезахисного матеріалу. А у випадку спірання залізобетонної плити перекриття на балку нагрівання може бути нерівномірним через різницю в теплофізичних властивостях сталі та бетону, що призводить до того, що плита перекриття забирає на себе тепло від сталеві балки. Це призводить до ситуації, коли різниця температур в місці спірання плити та нижній полиці становить понад  $200^{\circ}\text{C}$  (рис. 2).

У роботах Ковальова А.І. [2, 3] детально описано методику оцінки впливу пожежі, де автор занижує жорсткісні характеристики перерізу по середньому значенню температури. Натомість, в роботах Башинської О.Ю. та Башинського О.В. [1, 4] автори оцінюють несучу здатність конструкції по максимальній температурі у перерізі.



**Рис. 2. Нерівномірний розподіл температури в поперечному перерізі балки.**

Методи, описані вищезазначеними авторами, дозволяють досить точно змоделювати вплив температури на сталеві несучі конструкції. Однак, вони не враховують нерівномірний розподіл температур. Нерівномірність температури впливає на оцінку несучої здатності конструкцій, оскільки різна температура в точках перерізу означає різні жорсткісні характеристики.

Проведено чисельний експеримент за допомогою ПК ЛІРА-САПР. Проведено розрахунок нестационарної теплопровідності з врахуванням нелінійної зміни теплофізичних характеристик. Визначено розподіл температури по поперечному перерізу сталеві балки.

Після розрахунку нестационарної теплопровідності переріз сталеві балки було поділено на 3 умовні частини: стійка, верхня полицка, нижня полицка. Кожній з цих частин призначено власні модулі пружності, в залежності від температур, що в них виникають. Було обчислено зведені жорсткісні характеристики цілого перерізу та проведено міцнісний розрахунок.

Експеримент показав, що врахування неоднорідності в сталевому перерізі підвищує точність отриманих результатів. Додавання цього фактору до моделі дозволяє краще адаптувати модель до реальних умов експлуатації конструкцій. Такий підхід забезпечує більш точні результати при аналізі поведінки сталевих конструкцій під впливом температурних навантажень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Башинський О.В., Башинська О.Ю. Аналіз напружено-деформованого стану вогнезахищеної сталеві балки перекриття. Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2023. № 12. С. 126–138.
2. Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Томенко В.І., Качкар Є.В., Майборода Р.І. Оцінювання вогнестійкості вогнезахищених сталевих балок. ВІСТІ Донецького гірничого інституту. 2022. №2 (51). С. 43–53.
3. Барабаш М.С., Ковальов А.І., Ромашкіна М.А. Розрахункове оцінювання вогнестійкості вогнезахищених залізобетонних будівельних конструкцій засобами ПК «ЛІРА-САПР». Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2023. № 12. С. 53–64.
4. Білик С.І., Башинська О.Ю., Башинський О.В. Determination of changes in thermal stress state of steel beams in LIRA-SAPR software. Strength of Materials and Theory of Structures. 2022. № 108. С. 189–202.

## ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ВНУТРІШНЬОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДІВЛІ ВИРОБНИЧОГО ОБ'ЄКТА

*Білаш Є.А.,*

*Петухова О.А., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Розрахунок внутрішнього протипожежного водопостачання (ВПВ) будівель є важливим кроком у забезпеченні відповідного рівня їх протипожежного захисту. При виконанні розрахунків простої за призначенням будівлі використовують методику, яка викладена у відповідних нормативних документах, або користуються програмними комплексами. При розрахунку складної за призначенням будівлі процес ускладнюється тим, що для одержання кінцевого рішення щодо кожної складової ВПВ виникає необхідність розраховувати декілька можливих варіантів системи, тобто однакові розрахунки робити декілька разів, при цьому використання програмних комплексів обмежується їх можливостями.

Для демонстрації можливостей програмного комплексу «ВПВ-2023», був виконаний розрахунок внутрішнього протипожежного водопостачання будівлі виробничого об'єкта, яка складається з одноповерхової частини складського призначення, чотирьохповерхової частини адміністративно-побутового призначення та одноповерхової частини виробничого призначення з вбудованими адміністративно-побутовими приміщеннями. За вимогами нормативних документів [1] при відокремленні частин будівлі одна від одної протипожежною стіною першого типу, необхідність влаштування ВПВ та нормативні витрати води приймаються окремо для кожної частини. Програмним комплексом «ВПВ-2023» такий варіант розрахунку не передбачений. Відповідно розрахунок кожної складової необхідно виконувати окремо.

Вихідними даними для одноповерхової складської частини є категорія будівлі за вихопожежною та пожежною небезпекою – В, ступінь вогнестійкості – III, об'єм будівлі (при висоті приміщення 12 м) – 18978 м<sup>3</sup>. Результат розрахунку за допомогою програмного комплексу наведений на рис.1.

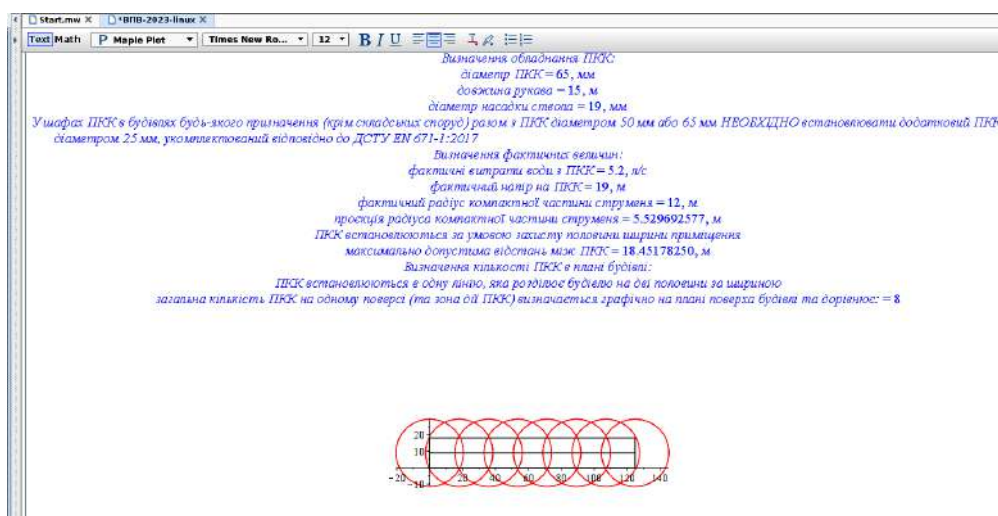


**Рис. 1. Результат розрахунку ВПВ одноповерхової складської частини будівлі виробничого об'єкта за допомогою програмного комплексу «ВПВ-2023».**

Розрахунок показав, що при довжині рукава 15 м в цій частині будівлі необхідно встановити 6 пожежних кран-комплектів (ПКК). Якщо розрахунок провести за допомогою другої частини програмного комплексу, яка дозволяє у відмінності від першої частини, змінювати характеристики пожежних кран-комплектів (ПКК), та прийняти довжину рукава 20 м, тоді необхідна кількість ПКК зменшується - достатньо встановлення 5 ПКК.

Окремі розрахунки ВПВ чотирьохповерхової частині будівлі адміністративно-побутового призначення та одноповерхової виробничої частини будівлі з вбудованими адміністративно-побутовими приміщеннями показують, що в них влаштування ВПВ не потрібно. Таким чином, загальна кількість ПКК в складній за призначенням будівлі буде дорівнювати 5 або 6 в залежності від прийнятого обладнання ПКК.

При реалізації розрахунку для будівлі без врахування розділення її на частини за призначенням, програмний комплекс надає некоректний результат (рис.2). Необхідна кількість ПКК дорівнює 8, при цьому не враховується наявність протипожежних стін та поверховість окремих частин будівлі.



**Рис. 2. Результат розрахунку ВПВ будівлі виробничого об'єкта без розділення її на частини за призначенням за допомогою програмного комплексу «ВПВ-2023».**

Розрахунок ВПВ заданої будівлі без використання програмного комплексу [2] показав такий самий результат як при розрахунку окремих частин будівлі.

Таким чином, робота з програмним комплексом дозволяє одержати результати розрахунку ВПВ, які відповідають вимогам нормативних документів, для всіх можливих варіантів комплектування ПКК, але для складних за призначенням будівель необхідно виконувати розрахунки окремо для кожної частини будівлі. Робота зі створення комплексів, що враховують неоднаковість призначення окремих частин будівлі є доцільною, та такий комплекс дозволить значно спростити та підвищити ефективність проведення необхідної кількості розрахунків при проектуванні ВПВ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. [Чинний від 013-03-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 134 с.
2. Петухова О., Білаш Є., Добринська В., Бермант Д. Способи розрахунку внутрішнього протипожежного водопроводу будівлі виробничого об'єкта. Modern research in science and education. Proceedings of the 3rd International scientific and practical conference. VoScience Publisher. Chicago, USA. 2023. P. 298–305.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНИХ КАРНИЗІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ФАСАДНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

*Биков Д.С.<sup>1</sup>, Черпаха Р.Е.<sup>2</sup>,  
Сур'янінов М.Г.<sup>3</sup>, д.т.н., професор  
<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Донецькій області,  
<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>3</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури*

Всі будівлі та споруди є об'єктами, які мають той чи інший ступінь пожежної небезпеки залежно від їх функціональних особливостей. Це означає, що будівлі та споруди у переважній своїй більшості містять сукупність умов, що сприяють виникненню пожежі та визначають її можливі масштаби та наслідки. Пожежна безпека об'єкта повинна як виключати можливість виникнення пожежі, так і забезпечити безпеку людей, що там знаходяться, у разі її виникнення.

Пожежна безпека повинна забезпечуватись на всіх етапах існування об'єкта: будівництві, експлуатації, реконструкції, ремонті або аварійній ситуації такими заходами: об'ємно-планувальними, конструктивними, інженерно-системними та організаційно-технічними рішеннями. Залежно від призначення будівлі сукупність цих заходів може бути різною, оскільки різними є умови, у яких необхідно забезпечити пожежну безпеку. На забезпечення пожежної безпеки архітектурного об'єкта впливають два види факторів: функціональна пожежна безпека та конструктивна пожежна безпека.

Функціональна пожежна безпека є основою, що визначає вибір систем протипожежного захисту. Адже залежно від способу використання архітектурних об'єктів і від ступеня безпеки людей, що в них знаходяться, з урахуванням віку, фізичного стану, можливості перебування у стані сну, виду основного функціонального контингенту та його кількості, до об'єктів застосовуються різні вимоги. Функціональна пожежна безпека характеризується класом функціональної пожежної небезпеки.

Конструктивній пожежній безпеці відведено практично визначальну роль. Саме за допомогою конструктивних рішень будівель (елементів несучого ядра та огорожувальних конструкцій) забезпечується можливість запобігання розповсюдженню пожежі, обмеження поширення небезпечних факторів пожежі по приміщеннях, між приміщеннями, між поверхами та протипожежними відсіками. Конструктивна пожежна безпека характеризується ступенем вогнестійкості будівлі загалом та класом її конструктивної пожежної небезпеки. Нині тимчасові технології будівництва та досвід будівельних організацій дозволяють зводити висотні будівлі з сучасними умовами комфортного проживання в них людей.

Більшість будівель має у своєму складі різні за призначенням приміщення, поверхи, тому вони автоматично повинні відділитися протипожежними перегородками один від одного, інколи навіть формувати окремі протипожежні відсіки. Ці відсіки відрізняються один від одного вимогами до них з думки функціональної та конструктивної пожежної безпеки.

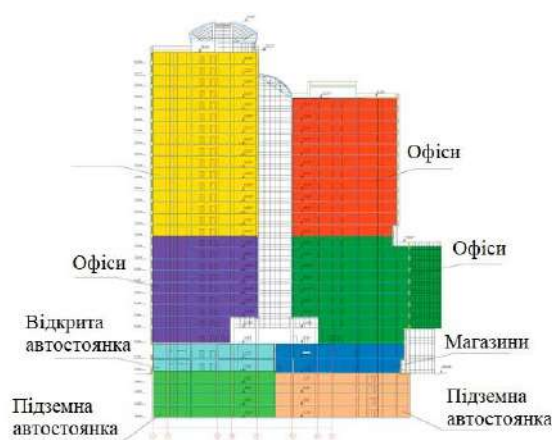
Приміщення будівель із різними класами функціональної пожежної небезпеки повинні розділятися спеціальними протипожежними перешкодами. Ці перешкоди призначені для запобігання розповсюдженню пожежі між приміщеннями. До протипожежних перешкод відносяться протипожежні стіни, перегородки та перекриття. Всі вони характеризуються межею вогнестійкості та пожежною небезпекою. Вогнестійкість протипожежних перешкод визначається вогнестійкістю їх елементів.



Пожежна небезпека протипожежних перешкод визначається пожежною небезпекою їх частин, що вони відокремлюють.

Для обмеження вертикального поширення пожежі висотні будівлі через кожні 50 м умовної висоти розділяють протипожежними перекриттями. Кордон нижнього пожежного відсіку обумовлюється можливістю доступу зі спецтехніки пожежних підрозділів до будь-якого приміщення відсіку. Межа вогнестійкості протипожежного перекриття не повинна бути REI 180. Перекриття технічних поверхів, які призначені для розташування обладнання та комунікацій – надійні протипожежні перешкоди, що обмежують поширення вогню по вертикалі у висоті. За цих умов вогнестійкість перекриттів може бути  $\geq$  REI 120.

По периметру протипожежного перекриття слід передбачати захисні виносні карнизи шириною понад 0,75 м з класом вогнестійкості не менше EI90 або зовнішні огорожувальні конструкції (перегородки, вікна) першого поверху наступного протипожежного відсіку (1).



**Рис. 1. Ділення будівлі на протипожежні відсіки приміщень різного функціонального призначення.**

Вимоги щодо інших параметрів та характеристик захисних виносних карнизів в жодному нормативному документі не визначено, що дозволяє проєктувальникам приймати різну конфігурацію цих конструктивних елементів.

Мета дослідження полягає у визначенні на основі розподілу температурних полів по фасаді будівлі оптимальної конструкції протипожежних карнизів для попередження фасадних пожеж.

Об'єктом дослідження є протипожежні карнизи.

Предметом дослідження є – встановлення оптимальної конструкції протипожежних карнизів для попередження фасадних пожеж.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові завдання:

1. Проаналізувати пожежну небезпеку висотних будівель.
2. Розглянути існуючі заходи з попередження поширення пожежі фасадними конструкціями.
3. Провести моделювання ефективності запропонованих заходів.
4. Запропонувати критерії розрахунку при проєктуванні протипожежних карнизів.
5. Визначити оптимальну конструкцію протипожежних карнизів для попередження поширення фасадних пожеж, визначити основні критерії для їх розрахунку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Київ, 2020. 53 с. (Інформація та документація).

## ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСУ БЛОКУВАННЯ ШЛЯХІВ ЕВАКУАЦІЇ ЗА ВТРАТОЮ ВИДИМОСТІ ПРИ ПОЖЕЖІ НА ОБ'ЄКТАХ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ

*Бурлачко О.В.<sup>1</sup>,  
Тригуб В.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент  
Безносохін С.К.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Київській області,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України

<sup>3</sup>ГУ ДСНС України у Сумській області

Зростання рівня споживання електроенергії у всьому світі сприяє модернізації застарілих та збільшенню кількості нових об'єктів енергетичного сектору. Забезпечення пожежної безпеки на цих об'єктах є особливо важливим завданням, оскільки пожежі на них можуть завдати великої шкоди в сферах, де електропостачання є невід'ємною потребою. Крім цього, пожежі на об'єктах енергетики є загрозою для життя і здоров'я людей, які там знаходяться. Особливу небезпеку при пожежі на даних об'єктах становить зниження видимості в диму, оскільки даний небезпечний чинник пожежі, зазвичай, досягає критичних значень для людини раніше за інших. Втрата видимості в диму є однією з причин отримання механічних травм і загибелі людей на особливо небезпечних ділянках об'єктів енергетичного сектору.

Існуючі дані щодо димоутворювальної здатності речовин та матеріалів отримані в маломасштабних установках, проте обґрунтування можливості їх використання при математичному моделюванні пожеж у повномасштабних реальних приміщеннях фактично немає. Крім того, відсутні дані щодо вищезазначеного параметра для сучасних речовин і матеріалів, які використовуються на об'єктах енергетичного сектору.

На даний момент вищезазначені задачі повністю не вирішені через складність процесу утворення та поширення диму і визначення його оптичних властивостей при горінні сучасних конденсованих речовин та матеріалів.

Також відсутні науково-обґрунтовані методики визначення вихідних даних для моделювання часу блокування шляхів евакуації щодо втрати видимості диму. Відповідно необхідні дослідження димоутворювальної здатності сучасних речовин та матеріалів, які використовуються на об'єктах енергетичного сектору.

Втрата видимості в диму – це наслідок досягнення критичного значення для людини небезпечного чинника пожежі – зниження видимості в диму. Для середньостатистичної людини межею є втрата видимості на рівні 1,7 м від рівня підлоги по горизонталі на відстані 20 м від спостерігача [1]. Для невеликого приміщення, лінійні розміри якого не перевищують 20 м, граничною дальністю видимості приймається найбільший горизонтальний лінійний розмір приміщення.

Точність розрахунку дальності видимості істотно залежить від величини димоутворювальної здатності [2] речовин та матеріалів, яка отримується експериментально. Димоутворювальна здатність, у свою чергу, залежить від хімічного складу та фізичних параметрів пожежного навантаження [3–5], а також на цей показник суттєво впливають параметри газового середовища приміщення та кількість окислювача [6–8].

При розрахунку зниження видимості в диму необхідно враховувати наступні фактори:

- процеси природної конвекції;
- примусова вентиляція (димовидалення, підпір повітря);

– зрощення автоматичними системами пожежогасіння.

Останні два фактори не враховуються, оскільки вільний розвиток пожежі небезпечніший, а системи забезпечення пожежної безпеки мають ймовірність спрацьовування.

Процес збору вихідних даних включає наступні пункти:

– визначення геометричних параметрів будівлі, приміщень, прорізів тощо;  
– виявлення в порядку кількості та ступеня пожежної небезпеки видів пожежного навантаження;

– визначення розташування та маси пожежного навантаження;

– аналіз наявних на об'єкті технічних систем, які забезпечують пожежну безпеку;

– визначення місць можливого знаходження людей та шляхів їх евакуації.

При проведенні розрахунку часу блокування шляхів евакуації за втратою видимості в диму необхідно виконати наступний порядок дій:

– визначити найбільш небезпечну ділянку в об'ємі будівлі або приміщення за кількістю задіяного робочого персоналу, середнього часу перебування в тому чи іншому місці, наявності пожежонебезпечного горючого навантаження;

– визначити вид пожежного навантаження, взяти зразки для вогневих випробувань, провести серію вогневих випробувань щодо визначення залежності середньооб'ємної оптичної густини диму від температури продуктів згорання або визначення коефіцієнта димоутворення (димоутворювальної здатності);

– вибрати найбільш відповідну математичну модель розрахунку динаміки розповсюдження небезпечних чинників пожежі, виходячи з геометричних особливостей будівлі або приміщення, де буде заданий розрахунковий осередок пожежі;

– згідно з обраною моделлю визначити залежність середньооб'ємної температури або густини кисню до часу горіння;

– за отриманою залежністю визначити середньооб'ємну оптичну густину диму;

– визначити час настання критичного значення для людини за оптичною густиною диму.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=82138](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138)
2. Rasbash, D.J., Drysdale, D.D. (1982). Fundamentals of smoke production. Fire Safety Journal. 5. 77–86.
3. Tanaka, T., Yamada, S. (2004). BRI 2002: Two-layer zone smoke transport model. Chapter 1. Outline of the model. Fire Science and Technology. 23. 1. 1–44.
4. Mouritz, A.P., Gibson, A.G. (2006). Fire properties of polymer composite materials. Dordrecht, Netherlands: Springer. 398.
5. Orzel, R.A. (1993). Toxicological aspects of firesmoke: polymer pyrolysis and combustion. Occup Med. 8(3). 414–429.
6. Shusterman, D.J. (1993). Clinical smoke inhalation injury: systemic effects. Occupational Medicine. 8(3). 469–502.
7. Tamura, G.T. (1994). Smoke Movement and Control in High Rise Buildings. Quincy, National Fire Protection Association. 280.
8. Young, C.J. Moss, J. (1989). Smoke inhalation: Diagnosis and treatment. Journal of Clinical Anesthesia. 1. 5. 377–386.

## АНАЛІЗ ВРАЖАЮЧИХ ВПЛИВІВ БЛИСКАВКИ НА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

*Вавренюк С.А., д.н.держ.упр.,  
Національний університет цивільного захисту України*

Технічні засоби в процесі їх експлуатації в умовах активної грозової діяльності схильні до комплексних електромагнітних впливів, які включають наступні їх основні види:

- електростатичний – пов’язаний із впливом на технічні засоби електричних полів, що повільно змінюються в часі, та виникають в передрозрядний період грозових розрядів;
- електромагнітний – пов’язаний із впливом на технічні засоби імпульсних електричних та магнітних (електромагнітних) полів головної стадії грозового розряду;
- вплив струмів (напруг) блискавки - пов’язаний із прямим ураженням технічних засобів або їх зовнішніх елементів блискавкою й протіканням по них великих струмів;
- гальванічний – пов’язаний із розтіканням у землі струмів блискавки та їх частковим відгалуженням та занесенням у кола технічних засобів через заземлення та комунікаційні системи цих засобів.

На навколишнє середовище і об’єкти, що знаходяться в зоні дії блискавки, впливають такі види несприятливих чинників:

- термічні (плавлення, нагрівання, загоряння, іскріння);
- оптичні (високоінтенсивні спалахи світла);
- акустичні (грім, звукові прояви);
- радіаційні (поява радіоактивних ізотопів);
- електрохімічні (хімічні реакції у провідниках під час проходження струму блискавки);
- електромагнітні (електромагнітна індукція в ланцюгах приладів та пристроїв);
- електродинамічні (механічні руйнування та uszkodження);
- електрогідрравлічні (виникнення локальних високоінтенсивних динамічних перенапруг);
- електростатичні (наведення електричних зарядів у діелектричних елементах об’єктів).

Наслідком цих впливів на технічні засоби можуть бути їх uszkodження індукційного, термічного й динамічного характеру. Ушкодження індукційного характеру пов’язані з електростатичним, електромагнітним та гальванічним видами впливів, а пошкодження термічного та динамічного характеру – з впливом струму блискавки.

Найбільш важкі наслідки грозових впливів на технічні засоби були зафіксовані при експлуатації в реальних умовах автоматизованих систем управління комплексами виробництва, передачі та розподілу електроенергії, а також системи видобутку, транспортування та зберігання нафто- та газопродуктів.

Технічні засоби в процесі їх експлуатації в умовах вражаючих впливів блискавки схильні до комплексних електромагнітних впливів, пов’язаних з впливом на працездатність технічних засобів, як великих імпульсних струмів блискавки, так і електромагнітних полів. Все це є причиною виникнення у зовнішніх колах технічних засобів струмів і напруг, які, проникаючи в ці засоби, призводять до виходу їх з ладу.

Проникнення електромагнітних перешкод у технічні засоби відбувається цілком конкретними шляхами, які визначаються як небезпечні тракти технічних засобів.

До небезпечних трактів технічних засобів у даному випадку належать:

- антенно-фідерні пристрої (АФП);

- лінії електропередачі (ЛЕП);
- підземні кабельні лінії зв'язку (ПКЛЗ);
- системи заземлення.

Можливими варіантами вражаючого впливу, а також дестабілізуючого впливу грозових розрядів на технічні засоби є:

- удар блискавки в землю;
- удар блискавки в блискавковідвід;
- контур, схильний до індукційного впливу струму блискавки;
- удар блискавки в радіо та освітлювальні щогли;
- удар блискавки в ЛЕП.

Технічні засоби повинні зберігати працездатність й необхідну якість функціонування в умовах активної грозової діяльності. З цією метою необхідно піддавати випробуванням на відповідність вимогам вражаючих факторів грозових розрядів з регламентованими параметрами, котрі наведені в нормативній документації.

Експериментальне визначення стійкості технічних засобів до грозових впливів (випробування на грозостійкість) є найбільш об'єктивним, а найчастіше і єдиним способом, що дозволяє:

- врахувати вплив на грозо стійкість технічних засобів більшості реально існуючих в природі та на практиці факторів;
- виявити та по можливості знизити критичність до грозових впливів основних функціональних зв'язків між окремими пристроями, блоками й вузлами цих засобів;
- визначати конструктивні, монтажні, технологічні та інші особливості технічних засобів, котрі виявляються в умовах грозової діяльності;
- покращити захисні властивості та підвищити стійкість технічних засобів до грозових впливів;
- дати остаточний висновок про надійність, придатність до експлуатації, працездатність та електромагнітну стійкість технічних засобів як у складній грозовій обстановці так і при прямому ураженні;
- здійснити сертифікацію технічних засобів на відповідність вимогам електромагнітної сумісності та стійкості до дії грозових розрядів.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
2. ДСТУ EN 62305:2012. Блискавкозахист (IEC 62305:2011, IDT). [Чинний від 2012-07- 01]. К.: Держстандарт України, 2012. 419 с. (Національний стандарт України).

## ПЕРЕВІРКА ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСА ПІСЛЯ ВИБУХОВИХ ВПЛИВІВ

*Васильченко О.В., к.т.н., доцент,*

*Рубан А.А.,*

*Царенко Г.Р.*

*Національний університет цивільного захисту України*

При аварійних вибухах конструкції можуть деформуватися, не втрачаючи суттєвої несучої здатності, але це призводить до зміни жорсткості та вогнестійкості всієї системи [1, 2, 3]. Тому конструкції слід розраховувати таким чином, щоб при аварійному вибуху вони не тільки зберегли здатність, що несе, але й витримали вплив пожежі, яка може виникнути після вибуху.

З цього виникає проблема вибору критеріїв для розрахунку кількості речовини, що вибухає, щоб це не призводило до швидкої втрати вогнестійкості конструкцій або вимог до конструкцій, що підвищують їх механічну і пожежну стійкість в умовах технологічного процесу з небезпекою аварійного вибуху.

Для того щоб оцінити кількість конденсованої вибухової речовини або газоповітряної суміші, що не призводять під час вибуху та подальшої пожежі до втрати несучої здатності та критичного зниження вогнестійкості деформованої конструкції пропонується наступна методика у вигляді послідовності дій [4].

1. Визначення критичних температур конструкцій каркаса, з вимог вогнестійкості.

2. Визначення коефіцієнтів зниження несучої здатності при підвищенні температури, що відповідає критичним температурам конструкцій.

3. Визначення коефіцієнтів поздовжнього вигину для вертикальних елементів і прогинів для елементів, що згинаються.

4. Визначення параметрів ударної хвилі (надлишковий тиск, швидкісний напір), що створюють розраховані деформації.

5. Визначення умов виникнення параметрів ударної хвилі (кількість конденсованої вибухової речовини або газоповітряної суміші), безпечних для геометрії каркасу будівлі.

Запропонована методика реалізується при відомих значеннях геометричних та механічних характеристик металевих конструкцій, таких як їх розміри, форми перерізів, навантаження, граничні опори та модулі пружності матеріалів та ін.

Критичну температуру незахищеної металевої конструкції для необхідної межі вогнестійкості, знаючи параметри її перерізу (тобто наведену товщину) можна знайти з графіка залежності температури незахищених металевих деталей від часу прогріву та їх наведеної товщини. Якщо металева конструкція має вогнезахист, її критичну температуру можна знайти за методом [3].

Коефіцієнт зниження несучої здатності при підвищенні температури знаходиться таблично за розрахованою критичною температурою.

Припустивши, що при вибуху металева колона деформується і є стиснуто-вигнутим стрижнем з ексцентриситетом  $e_{ост}$ , можна оцінити коефіцієнти зниження напруги при позацентровому поздовжньому вигині  $\varphi_{в}$ . Для елементів, що згинаються, можна знайти відносний прогин.

Якщо в якості критеріальної оцінки прийняти, що ці значення під час вибуху повинні відповідати нижній межі зони сильних руйнувань, то за таблицею пошкоджень будівельних об'єктів можна оцінити величину надлишкового тиску на фронті ударної

хвилі  $\Delta P_{\Phi}$  у місцях розташування найближчих до епіцентру вибуху елементів каркаса (для промислових будівель зі сталевим каркасом  $\Delta P_{\Phi} = 20 \dots 30$  кПа).

За величиною надлишкового тиску на фронті ударної хвилі можна оцінити масу вибухової речовини, що конденсується, або газоповітряної суміші.

На підставі запропонованого методу для забезпечення необхідної вогнестійкості можна, враховуючи особливості технологічного процесу, розрахувати параметри вертикальних і кроквяних конструкцій металевого каркасу промислової будівлі, що відноситься до потенційно небезпечних об'єктів або об'єктів підвищеної небезпеки.

З іншого боку, можна сформулювати вимоги до технологічного процесу, в якому обертаються вибухові речовини та легкозаймисті речовини, якщо технологічний процес планується розміщувати в існуючій будівлі з металевим каркасом. У цьому випадку також за потреби можна обґрунтувати необхідне посилення конструкцій каркасу.

Таким чином, запропоновано методу оцінки безпечної кількості вибухової речовини або легкозаймистої речовини, що не призводить при аварійному вибуху та подальшій пожежі до критичного зниження вогнестійкості деформованих конструкцій металевого каркаса.

Особливістю методу є оцінка стійкості найближчих до епіцентру вибуху конструкцій металевого каркаса за параметрами ударної хвилі, що відповідає нижній межі зони сильних руйнувань, і прийняття для них значень коефіцієнта зниження напруги при позацентровому поздовжньому вигині (для вертикальних конструкцій) і відносних прогинів (для згинальних конструкцій) до граничних. Це дозволяє:

по-перше, оцінити безпечну кількість вибухової речовини або легкозаймистої речовини в технологічному процесі;

по-друге, перевірити відповідність параметрів конструкцій металевого каркаса промислової будівлі вимогам щодо збереження вогнестійкості при аварійному вибуху;

по-третє, обґрунтувати необхідне посилення конструкцій каркаса, якщо кількість вибухової речовини або легкозаймистої речовини в технологічному процесі перевищує розрахункове.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Голоднов О.І., Антошина Т.В., Отрош Ю.А. Про необхідність розрахунку будівель зі сталевим каркасом на температурні впливи. Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. 2017. № 20. С. 65–84.
2. Otrosh, Y., Kovalov, A., Semkiv, O., Rudeshko, I., Diven, V. (2018). Methodology remaining lifetime determination of the building structures. MATEC Web of Conferences. 230. 02023.
3. Vasilchenko, A., Otrosh, Y., Adamenko, N., Doronin, E., Kovalov, A. (2018). Feature of fire resistance calculation of steel structures with intumescent coating. MATEC Web of Conferences. 230. 02036.
4. Vasil'chenko A.V., Ruban A.V., Lutsenko T.A., Anatskaya A.V. Otsenka bezopasnogo kolichestva vzryvchatogo veshchestva, obespechivayushchego sokhraneniye ognestoykosti metallicheskogo karkasa pri vzryve. Problemy pozharnoy bezopasnosti: Sb. nauch. tr. Kh.: NUTSZU. 2020. Vyp. 48. S. 22–29.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗРОШУВАЧІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ СВІТЛОПРОЗОРИХ КОНСТРУКЦІЙ ФАСАДУ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

*Гаврісієнко Н.О.<sup>1</sup>,*

*Черепань Р.Е.<sup>2</sup>, Майборода Р.І.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Пожежі у висотних будинках відрізняються складністю та тривалістю виконання рятувальних операцій та дій щодо їх гасіння. Зі збільшенням темпів висотного будівництва зростає та кількість пожеж у подібних будинках. Пожежі у будинках житлового призначення становлять найбільшу небезпеку суспільству, оскільки відбуваються найбільш часто (71 % від загальної кількості пожеж), при цьому загибель людей у житлових будинках становить 89,6 % загальної чисельності загиблих на пожежах за останні 20 років.

Темпи зростання висотного будівництва неухильно зростають, причому все частіше фасади висотних будівель виконуються із світлопрозорих конструкцій. Скло, маючи низьку стійкість до впливу високих температур пожежі, руйнуючись, дає можливість виходу пожежі на фасад, що, своєю чергою, може спричинити поширення пожежі на поверхи, що лежать вище.



**Рис. 1. Приклад фасаду зі стрічковим склінням. Енрон-центр (Enron-Centre).**

Вимоги до будівництва світлопрозорих фасадів будівель, викладені у нормативних документах щодо пожежної безпеки, спрямовані на запобігання розвитку пожежі із зовнішнього боку фасаду: застосування вогнестійкого скла, вогнестійких міжповерхових поясів, протипожежних козирків, захисних екранів з вогнетривкого матеріалу, призначеного для обмеження площі віконного отвору, а також застосування водяного зрошування останній який потребує додаткового вивчення (1).



Так, міжповерхові пояси виконують роль бар'єрів, через які пожежа не повинна перейти на поверх. Однак у висотних будинках із зовнішнього боку виникають значні, вертикально спрямовані вітрові потоки, здатні впливати на характер зовнішньої пожежі.

Пожежі у висотних будинках, що відбуваються у всьому світі, свідчать про характер їх поширення з зовнішньої сторони будівлі, із залученням до пожежі поверхів, розташованих над ним. Об'єктивна необхідність створення ефективних способів захисту світлопрозорих фасадів висотних будівель в умовах пожежі визначає актуальність цього дослідження.



**Рис. 2. Наслідки пожеж у висотних будівлях з фасадами світлопрозорих конструкцій.**

Мета дослідження полягає на основі стандартного температурного режиму визначити параметри зрошувачів для захисту світлопрозорих конструкцій фасаду висотних будівель.

Об'єктом дослідження є параметри зрошувачів.

Предметом дослідження є – визначення мінімальної витрати зрошувачів та їх оптимальне розміщення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан питань за обраним напрямком дослідження.
2. Дослідити методи визначення стійкості при пожежі світлопрозорих фасадних конструкцій.
3. Визначити параметри зрошувачів для захисту світлопрозорих конструкцій фасаду.
4. Запропонувати оптимальне розміщення та витрати зрошувачів на основні проведених досліджень.

За результатами досліджень навести оптимальне розміщення та мінімальні витрати зрошувачів для ефективного захисту світлопрозорих конструкцій фасаду.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Київ, 2020. 53 с. (Інформація та документація).

**ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІМЕРБЕТОНІВ  
У ЦИВІЛЬНОМУ БУДІВНИЦТВІ***Данченко Ю.М.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,**Андронов В.А.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,**Олійник Г.С.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент,**Мірус О.Л.<sup>4</sup>, к.хім.н., доцент,**Євтушенко В.В.<sup>5</sup>, к.т.н., доцент**<sup>1</sup>Національна академія національної гвардії України,**<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,**<sup>3</sup>Хмельницький національний університет,**<sup>4</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,**<sup>5</sup>Херсонський національний технічний університет*

З 60-х років ХХ сторіччя в полімерному будівельному матеріалознавстві активно розвивається напрямок по створенню широкої групи так званих «П-бетонів», до складу яких входять будівельні матеріали з добавками полімерів або на основі синтетичних полімерів. Саме тоді була здійснена спроба розробки першої класифікації та єдиної термінології полімервмісних будівельних композиційних матеріалів, яка дотепер є найбільш універсальною та вживаною [1]. Згідно цієї класифікації до «П-бетонів» відносяться: полімер-цементні бетони; полімер-силікатні бетони; бетонополімери; полімербетони; асфальтобетони; неорганічні полімери. Найбільш затребуваними в цивільному будівництві стали полімербетони (ПБ) – композиційні матеріали, які одержуються на основі синтетичних смол (полімерне зв'язуюче) та хімічно стійких наповнювачів і заповнювачів без мінеральних в'язучих та води. Полімербетони містять не менш трьох фракцій наповнювачів та заповнювачів: дрібнодисперсні наповнювачі з розміром частинок < 0,15 мм, заповнювачі: з розміром частинок < 5 мм (зазвичай, пісок) та з розміром частинок < 50 мм (зазвичай щебень). В залежності від хімічної природи полімерного зв'язуючого всі полімербетони поділяються на дві групи: ПБ на термореактивних полімерах та ПБ на термопластах. Більш широке використання у будівельній галузі та великий спектр матеріалів має група ПБ на термореактивних полімерах, з яких виготовляють несучі хімічно стійкі будівельні конструкції або частини конструкцій, частини мостових конструкцій, покриття доріг тощо. За об'ємною масою ПБ поділяються на надлегкі – карбамідні, поліуретанові; легкі – фуранові, інденкумаронові, метилметакрилатні; важкі – карбамідні, поліефірні, епоксидні, фуранові, інденкумаронові, метилметакрилатні; надважкі – поліефірні.

Полімербетони мають фізико-механічні властивості, які перевищують властивості традиційних цементних бетонів: підвищена пластичність, значно вища міцність, водонепроникність, морозостійкість, стиранисткість, стійкість до хімічно- і біологічно агресивних середовищ, високі адгезійні властивості, низька пористість, радіаційна стійкість, негорючість тощо. Суттєвим недоліком полімербетонів вважається більша, в порівнянні з цементними, вартість. Завдяки високій пластичності, низькій пористості та здатності швидко набирати міцність, полімербетони використовуються для виготовлення методами віброформування та лиття декоративних виробів малої архітектури, конструкційних несучих і декоративних накладних деталей для меблів, декоративної тротуарної плитки і бруківки, виробів гідротехнічного призначення тощо [2].

Фізико-механічні властивості та стійкість до корозійно агресивних середовищ будь-яких високонаповнених полімерних композитів визначається хімічною природою компонентів – полімерного зв'язуючого, твердників, наповнювачів, заповнювачів і

модифікаторів. Мінеральні наповнювачі в полімербетонах виконують роль добавок, які зменшують кількість витраченого полімерного зв'язуючого, знижують вартість виробів, обмежують температурні та усадочні деформації, регулюють теплоутворення при твердінні, густину, міцність, твердість, в'язкість, фізико-механічні та інші властивості. Ступінь впливу мінеральних наповнювачів і заповнювачів на ті чи інші властивості полімербетону залежить від хімічного складу, дисперсності, форми частинок, стану поверхні частинок, процентного вмісту, тощо.

Відомо, що максимально високі показники фізико-механічних та технологічних властивостей полімерних композитів можуть бути отримані тільки при максимальному ступені полімеризації синтетичного зв'язуючого. Недостатня полімеризація різко погіршує практично всі властивості. Ступінь полімеризації залежить від виду і кількості твердника, прискорювачів і наповнювачів, а також режиму твердіння. Швидкість твердіння полімербетону залежить від температури та в меншій мірі від вологості навколишнього середовища. Тому будь-яка технологія використання полімербетону включає якісний і кількісний склад композиту, чіткі інструкції по співвідношенню компонентів, вологісні і температурні межі змішування, твердіння та використання готової суміші.

При твердінні термореактивних смол відбувається екзотермічний процес з виділенням певної кількості теплоти, що супроводжується саморозігрівом. Це призводить до деяких небажаних технологічних особливостей використання полімербетонів: висока швидкість твердіння, швидкий процес зростання в'язкості в процесі твердіння і, як наслідок, утворення великої кількості залишкових напружень, що в свою чергу негативно впливає на властивості готового матеріалу. Для нівелювання цих факторів у термореактивні смоли додають мінеральні наповнювачі. Необхідно враховувати той факт, що при твердінні карбамідного, епоксидного та фуранового полімербетонів вивільняється велика кількість тепла та відбувається саморозігрів виробів, а підвищення температури по перетину виробу визначається теплофізичними характеристиками компонентів, розмірами та формою виробів, умовами тепловіддачі з поверхні. Встановлено, що серед наповнювачів кокс та андезитова мука забезпечують мінімальне тепловиділення, а для кожного виду зв'язуючого кількість тепла, що виділяється при твердінні можна регулювати не тільки видом, кількістю, а й дисперсністю частинок наповнювачів.

Відомо, що полімербетони в процесі твердіння набувають великої об'ємної та лінійної усадки. При цьому для ненаповнених епоксидних смол об'ємна усадка складає від 2 до 3,5 %, для поліефірних – від 9 до 12 % та для фуранових – від 5 до 7 %. Додавання наповнювачів призводить до зменшення об'ємної усадки. Встановлено, що найменшою усадкою характеризуються полімербетони на основі епоксидної смоли та композити з андезитовою мукою в якості наповнювача.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Poturoyev V.V. Tekhnologiya polimerbetonov. Khimiya, 1987. 286 s.
2. Данченко Ю.М., Карєв А.І., Обіженко Т.М. Корозійно стійкі полімербетони на основі термореактивних смол будівельного призначення (огляд). Науковий вісник будівництва. 3(105). 2021. С. 140–154.

**АНІЗОТРОПІЯ МІЦНОСТІ КОМПОЗИТІВ НА ЗРІЗ У МЕХАНІЧНИХ  
З'ЄДНАННЯХ***Двейрін О.З.<sup>1</sup>, к.т.н.,**Набокіна Т.П.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,**Ківіренко О.Б.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент,**Кондратьєв А.В.<sup>3</sup>, д.т.н., професор**<sup>1</sup>Державне підприємство «Антонов»,**<sup>2</sup>Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ»,**<sup>3</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

У зв'язку з масовим застосуванням полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) у конструкціях різного призначення, особливо для виготовлення відповідальних силових елементів [1], актуальним стає завдання розроблення й удосконалення методів визначення меж міцності цих матеріалів, для яких номенклатура розрахункових характеристик набагато ширша, ніж для металів [2]. До цих неврахованих особливостей належать і межі міцності ПКМ на зріз У разі металевої деталі межа міцності на зріз не відрізняється від межі міцності на зсув, оскільки і в тому, і в іншому випадку руйнування одне й те саме – скол матеріалу. Низка дослідників і в разі композитної деталі використовують аналогії з металевими з'єднаннями. У окремих випадках межу міцності на зріз прирівнюють до межі міцності на зсув у площині укладання. Інші дослідники припускають, що для ПКМ межу міцності на зсув у площині укладання не можна прирівнювати до межі міцності на зріз [3].

Мета дослідження – провести експериментальні дослідження анізотропії міцності композиту на зріз від отвору до краю деталі, на основі яких встановити типові види руйнування.

На основі модифікації застосовуваних і розроблення відсутніх методик і з урахуванням досвіду дослідження міцності композита на змінання синтезовано комплекс способів, зразків і пристроїв для визначення міцності на зріз від отвору до краю деталі та на міжшаровий зсув. Запропоновано використати для визначення міцності на зріз зразки – диски круглої форми, аналогічні застосовуваним для випробування на змінання [4], в яких на необхідну відстань від краю просвердлюються отвори, а після випробування цього ряду диск обрізається, і експеримент повторюється. Таким чином, на одному зразку з різними діаметрами кріпильного елемента визначається міцність на зріз в різних напрямках. Навантаження проводиться за допомогою модифікованого пристрою, розробленого для змінання.

За результатами експериментальних досліджень виявлено можливі види руйнування при випробуванні на зріз і встановлено, що зріз у класичному розумінні спостерігається тільки для сильно анізотропних структур при навантаженні вздовж більш жорсткого напрямку, а для застосовуваних складно армованих композитів мають місце більш складні форми руйнування. Так, у зразках зі структурою пакета  $[0^{\circ}_{0.7}; \pm 45^{\circ}_{0.2}; 90^{\circ}_{0.1}]$  під час випробувань спостерігали чистий зріз у площинах  $0^{\circ}$ , а в зразку зі структурою  $[0^{\circ}_{0.8}; \pm 45^{\circ}_{0.2}]$  спостерігали чистий зріз не лише в отворах, просвердлених у напрямі  $0^{\circ}$ , а й  $22.5^{\circ}$  (рис. 1).



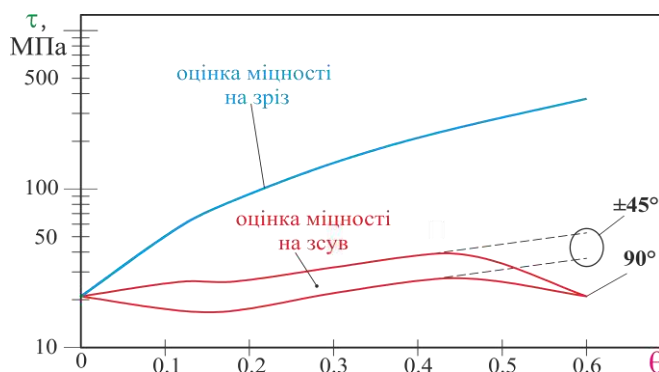
**Рис. 1.** Зразок зі структурою  $[0^\circ_{0.8}; \pm 45^\circ_{0.2}]$  зі слідами руйнування на зріз.

На основі оброблення результатів проведених експериментів отримано інженерну квадратичну залежність для прогнозування міцності складно армованого базового ПКМ на зріз:

$$\tau(\theta) = 555.56\theta^2 + 250\theta + 21, \quad (1)$$

де  $\theta$  – об’ємний вміст волокон-стопперів.

Показано, що міцності на зріз і на зсув у площині зразка є різними характеристиками і між ними відсутня будь-яка кореляція. Основною причиною цього є зниження значень міцності на зсув до вихідного під час розвороту всього односпрямованого пакету на  $90^\circ$  (спостерігається симетрія межі міцності на зсув відносно напрямків укладання  $\pm 45^\circ$ , де буде максимум, тоді як під час укладання  $0^\circ$  і  $90^\circ$  будуть мінімуми), тоді як функція залежності межі міцності на зріз від питомого об’єму волокон-стопперів монотонно зростає (рис. 2).



**Рис. 2.** Оцінки міцності композитного пакета на зріз і на зсув.

На основі отриманих результатів сформульовано рекомендації щодо необхідності постійного супроводу проектування експериментом, що дозволяють реалізувати запропоновані зразок і випробувальний пристрій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Georgantzinou, S.K., Giannopoulos, G.I., Stamoulis, K., Markolefas, S. (2023). Composites in aerospace and mechanical engineering. Materials. 16. 7230.
2. Shah, V. (2020). Handbook of plastics testing and failure analysis, fourth ed., Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc.
3. Shrikant, M. (2024). Harle Durability and long-term performance of fiber reinforced polymer (FRP) composites: a review. Structures. 60. 105881.
4. Dveirin, O., Tsaritsynskyi, A., Nabokina, T., Kondratiev, A. (2023). Determination of composite's bearing strength in the area of circular hole of fastening element. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 208–218.

## **КРИТЕРІЙ ВПЛИВУ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ШВИДКОСТІ РУХУ ЛЮДСЬКИХ ПОТОКІВ ВІД НАЯВНОСТІ РІЗНИХ ГРУП МОБІЛЬНОСТІ В ТОРГОВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНИХ ЦЕНТРАХ**

*Доценко О.Г., с.н.с.,  
Борисова А.С., к.т.н., ст. дослідник,  
Помазанова Т.І.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

На сьогоднішній день [1] виступає основним документом, що регулює процедури розрахунку часу евакуації із будівель різного призначення. Ключовими параметрами руху евакуаційного потоку є його щільність, швидкість та інтенсивність. До цього часу використовуються єдині параметри руху людей в будівлях, які були загальні для всіх, за винятком спеціалізованих приміщень. Це призводило до недооцінки рівня пожежної небезпеки для найбільш вразливих груп населення, таких як діти, люди похилого віку та інші. Проведені натурні спостереження дозволили вивчити структуру та встановити параметри руху людських потоків в будівлях різних класів функціонального призначення.

На основі отриманих даних натурних спостережень щодо руху людей в різних будівлях та їх математичної обробки виявлені характерні групи основного функціонального контингенту, які включають «Дошкільнята», «Школярі», «Молодь», «Службовий персонал», «Літні люди» та «Маломобільні групи населення», а також гетерогенні склади, такі як «Діти і батьки», «Активна сім'я», «Службовий персонал і пенсіонери», «Всі вікові групи». З метою врахування перспектив зміни демографічної ситуації в країні розробляються моделі, які дозволяють розраховувати параметри руху потоків людей будь-якого складу.

Незважаючи на проведені дослідження в даній галузі [2], існують проблеми, які потребують вирішення для подальшого розвитку теорії руху людських потоків. Нормативи, фактично, визначають однорідність складу основного функціонального контингенту в будівлях різного призначення. Склад потоку значно відрізняється за віком; наприклад, у ТРЦ вікова структура відвідувачів збільшилася серед молоді до 24 років за рахунок зменшення частки людей віком 30-50 років, а в театрах наприклад ситуація виглядає навпаки. Це суттєво впливає на параметри людського потоку [3], і, відповідно, на час евакуації та рівень пожежного ризику. Таким чином, проблема визначення параметрів руху людей залишається важливою та актуальною.

Основні критерії параметрів руху можна класифікувати у три основні групи: швидкість руху, щільність потоку та рівень інформованості людей, залежно від характеристик об'єкта. Критерій «Швидкість руху» розглядається за такими підкритеріями, а саме: емоційно-психологічний стан і фізіологічний стан. Критерій «Щільність потоку» розділяється на вільний рух без перешкод, безконтактне пресування в потоці, рух з контактними перешкодами та вплив силових факторів. Критерій «Інформованість людей в залежності від характеристик об'єкта» включає підкритерії В1, В2 і В3.

Визначення закономірностей зміни параметрів швидкості руху людських потоків в ТРЦ при наявності маломобільних осіб різних груп також є важливим завданням для забезпечення безпеки всіх відвідувачів. Дослідження в цій області спрямовані на вивчення впливу різних факторів на рух людських потоків, а також встановлення закономірностей, які виникають при взаємодії між маломобільними і здоровими людьми в таких середовищах.

Ці закономірності визначаються різними чинниками:

Типом маломобільної групи: швидкість руху може змінюватися залежно від типу маломобільних осіб, таких як люди з інвалідністю, літні люди або батьки з дітьми. Кожна група може мати свої особливості поведінки та потреби під час руху.

Кількістю маломобільних осіб: чим більше маломобільних осіб у потоці, тим більше вони можуть уповільнювати рух всього потоку, особливо на вузьких чи переповнених місцях.

Структурою простору: вплив маломобільних осіб на швидкість руху також залежить від структури самого простору. Наявність широких коридорів та облаштування спеціальних зон для маломобільних осіб може зменшити вплив їхнього руху на загальну швидкість потоку. Реакцією інших відвідувачів: інші відвідувачі ТРЦ також можуть впливати на швидкість руху, реагуючи на наявність маломобільних осіб. Це може призводити до уповільнення або збільшення швидкості руху відповідно до ситуації.

Для забезпечення безпечної евакуації людей з будівель ТРЦ та інших об'єктів з масовим перебуванням людей потрібно враховувати такі критерії для розрахунку:

- розрахункові значення параметрів руху людських потоків;
- врахування значення площі горизонтальної проекції людини в залежності від групи мобільності;
- розрахункові значення параметрів руху людських потоків по пандусах для осіб похилого віку;
- розрахункові залежності між щільністю і інтенсивністю руху людського потоку, що складається з людей, які рухаються на інвалідних візках;
- розрахункові залежності при транспортуванні немобільних осіб силами наявного персоналу за допомогою носилок;
- врахування рівнів психоемоційного стану людей під час евакуації у разі пожежі, що впливають на початок евакуації та їх рух.

Вивчення параметрів швидкості руху людських потоків у ТРЦ показало, що наявність осіб з різними групами мобільності значно впливає на ці параметри. Виявлено, що швидкість руху може варіюватись в залежності від складу групи людей та щільності людського потоку, що важливо для планування евакуаційних заходів та безпеки у таких об'єктах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний з 2020-01-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2019. 87 с.
2. Ковалишин В.В., Доценко О.Г., Хлевной О.В., Дивень В.І. Дослідження евакуації людей різних груп мобільності з торговельно-розважального центру. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2022. № 2 (14). С. 99–107.
3. Zhu, K., Shi, Q. (2016). Experimental study on choice behavior of pedestrians during building evacuation. *Procedia Engineering*. 135. 207–216.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПІДТОПЛЕННЯ Р.ВОРОНА ЗАСОБАМИ GOOGLE EARTH ENGINE НА ТЕРИТОРІЇ М. ТИСМЕНИЦЯ

*Касіянчук Д.В., к.геол.н., доцент,  
Сворак Л.І.*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Моделювання річкових басейнів з використанням геоінформаційних систем (ГІС) є одним із найважливіших завдань, що дозволяють здійснити якісне управління територіями. Зміна клімату, антропогенне навантаження, циклічність повеней зумовлюють розглядати річку, а особливо її басейн як важливий етап планування сталого розвитку території [1]. Проблема вивчення впливу змін навколишнього середовища, особливо в сільських районах описана в праці [2]. Річкові басейни, як складова ландшафтно-геологічних комплексів, відіграють важливу роль в розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів [3].

Головне управління ДСНС України в Івано-Франківській області у межах подання оперативної інформації надає довідку про основні надзвичайні ситуації (події) техногенного, природного та іншого характеру на території області. Зокрема, якщо проаналізувати дані найбільшого підтоплення за останній період – 2020 р, то її зміст такий «Геологічна, метеорологічна та гідрологічна обстановка: - гідрологічна: Впродовж доби 24 червня на ріках області переважав спад рівнів води, в річці Дністер (м. Галич) максимальний підйом спостерігався 24.06.20 станом на 12.00 годину (рівень 730 см) загальний перед паводковий 491 см. Станом на 08.00 годину 25 червня ріст рівня води відбувається на річці Дністер (с. Нижнів), р. Ворона (м. Тисмениця), р. Свірж (с. Букачівці) та р. Г. Липа (с. Більшівці)» [4].

Проблема моделювання підтоплень р. Ворона є чи не головною проблемою, через її значний вплив під час катастрофічних повеней та частих поводків. Саме ця негативна особливість будови рельєфу, в її основній довжині, і визначає її катастрофічний вплив на навколишнє середовище.

Загальна характеристика гідропункту: - координати Тисмениця – 48°54'05.6"N 24°51'06.5"E; - позначка '0' поста, м – 238,74; - мінімум, максимум, середньорічний рівень – 170 м, 629 мм, 238.3 мм; - показник небезпеки – заплава – 350 мм, абсолютна висота рівня – 242,24 м; - повінь 1969 р. – підйом рівня 6,29 м, абсолютна висота рівня – 245,03 м; - повінь 2008р. – підйом рівня 6,09 м, абсолютна висота рівня – 244,83 м;

Для аналізу підтоплення використано дані космознімків 2008 року, коли була одна з найбільших повеней. Landsat 5 – п'ятий супутник NASA у програмі Landsat.

Нормалізований водний індекс (Normalized Difference Water Index, NDWI) в першу чергу використовується для оцінки вмісту води в рослинності та виявлення "водного стресу" (нестачі води для компенсації втрат на транспірацію) (1). Він також ідеально підходить для картографування водойм і моніторингу повеней.

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR), \quad (1)$$

де Green і NIR – коефіцієнти відбиття у зеленому і ближньому інфрачервоному діапазонах електромагнітного спектра відповідно.

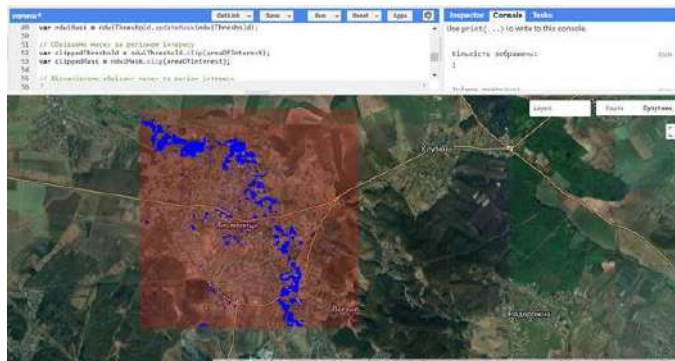
Google Earth Engine (GEE) надає можливість аналізувати та обробляти дані дистанційного зондування з використанням великої кількості обчислювальних ресурсів у хмаровому середовищі.

У процесі аналізу був написаний код для використання Google Earth Engine (GEE) для аналізу космічних знімків та розрахунку індексу NDWI (Normalized Difference Water Index) та параметрів підтоплень на основі аналізу нормалізованого диференційного індексу вологості.



Як видно з карти (рис. 1) значною мірою від підтоплень страждає північна, центральна та південно-східна частина міста. Це зумовлене багатьма чинниками, як замулення русла, зміна меандри та річкових долин, де раніше протікала річка, тощо. Усі ці чинники зі значними опадами і формують кризові ситуації для жителів міста.

Управління та стратегії розвитку для рівнинних басейнів повинні бути адаптовані до конкретних гідрологічних умов і потреб місцевого населення.



**Рис. 1. Вікно карти: візуалізація NDWI на основі шару маски (вверху вікно написання коду мовою JavaScript та виведених на друк основних результатів).**

Систематизація та аналіз даних по рівнях води дозволила:

- 1) отримати об'єктивну картину динаміки рівнів води в гідропункті.
- 2) виявити залежності між різними факторами та рівнями води, такі як кліматичні умови, пори року, або інші фактори.
- 3) оцінити тенденцій рівнів води протягом часу, що дозволяє визначити зміни, які можуть бути важливими для передбачення майбутніх сценаріїв.

Моделювання небезпечних гідрологічних явищ з використанням ГІС є важливим інструментом для управління територіями та планування сталого розвитку. Вдосконалення методів моделювання, використання сучасних геоінформаційних технологій та аналізу ДДЗ для вирішення проблеми підтоплень у межах м. Тисмениця формує значний внесок у покращення точності та ефективності досліджень.

Такий підхід до моделювання рівнів води дозволяє зрозуміти, як зміни в гідрологічних умовах можуть впливати на різні частини території м. Тисмениця. Це може бути важливо для прогнозування та попередження надзвичайних ситуацій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Касіянчук Д.В., Сворак Л.І. Геоінформаційні системи в управлінні природними ресурсами на прикладі басейну р. Ворона. Збалансоване природокористування: традиції, перспективи та інновації. Частина 1. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 18-19 травня, 2023 р.). К.: ДІА, 2023. С. 94–96. URL: [https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/pdf/conference\\_05\\_23\\_part1.pdf](https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/pdf/conference_05_23_part1.pdf)
2. Michael, H., Zhovtonog, O., Popovich, V., Bolkina, O., Mikhaylenko, S. (2009). Use of GIS and GIS-based models for river basin management tasks and water management within rural areas. 23rd European Regional Conference «Progress in managing water for food and rural development». 18–21.
3. Davybidia, L., Kasiyanchuk, D., Kuzmenko, E. & Karpinskyi, B. GIS analysis of the hydrogeological conditions as the factor of the development and activation of landslide processes (by the example of Ivano-Frankivsk region). International Conference of Young Professionals, GeoTerrace 2020. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20205754>
4. Довідка про основні надзвичайні ситуації (події) техногенного, природного та іншого характеру на території Івано-Франківської області станом на 7 годин 26 червня 2020 року. Головне управління ДСНС України в Івано-Франківській області. URL: <https://if.dsns.gov.ua/uk/operational-information/dovidka-za-dobu/16097-1>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ НАГРІВУ НАВАНТАЖЕНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОВІДІВ

*Катунін А.М., к.т.н., с.н.с.,  
Кулаков О.В., к.т.н., доцент,  
Роянов О.М., к.т.н., доцент,  
Михайловська Ю.В., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

Теплова дія електричного струму є основним небезпечним проявом під час експлуатації кабельних виробів з точки зору пожежної безпеки. Якщо по кабельному виробу протікає електричний струм, значення якого більш ніж значення, на який він розрахований, то відбувається нагрів ізоляції та струмопровідної жили. Нагрівання може призвести до займання ізоляції, що може вивести з ладу кабельну лінію або спричинити пожежу.

На даний час запропоновано математичні моделі, використання яких дозволяє оцінити температуру нагрівання кабельних виробів в аварійних та нормальних режимах роботи. В роботі [1] побудована термодинамічна модель роботи навантаженої кабельної лінії. Отримане математичне співвідношення дозволяє визначати максимально припустиме струмове навантаження кабельної лінії у вигляді одножильного кабельного виробу з одношаровою ізоляцією залежно від матеріалу та товщини шару ізоляції. В роботі [2] на основі рівняння теплового балансу побудовано математичну модель, яка дозволяє отримати залежність температури нагріву матеріалу ізоляції одножильного електричного проводу з одношаровою ізоляцією від сили струму, що протікає, та часу його протікання. В роботі [3] з використанням математичної моделі, запропонованої в [2], оцінений вплив товщини матеріалу ізоляції проводу на температуру його нагріву протягом експлуатації.

Аналіз літературних джерел [1-3] та інших показав на недостатність дослідження інтенсивності нагріву ізоляційних матеріалів електричних проводів типових маркорозмірів залежно від часу роботи при різних струмових навантаженнях для різних матеріалів, з яких виготовлений електричний провід.

Запропонована в [2] модель дозволяє проводити аналіз впливу складу жили та ізоляції електричного проводу на температуру його нагрівання в процесі їх експлуатації при визначених значеннях струмів й, таким чином, визначати небезпечні режими роботи.

В роботі досліджено інтенсивність нагріву полівінілхлоридної та гумової ізоляції навантажених електричних проводів з мідними та алюмінієвими однодротовими жилами (згідно національної класифікації – електричні проводи ПВ1 2,5, АПВ 2,5, ПР1 2,5 та АПР 2,5; згідно європейської класифікації – електричні проводи Н05V-U 2,5, Н05V-A 2,5, Н05R-U 2,5, Н05R-A 2,5).

Аналіз розрахованих залежностей температури  $T$  проводів вказаних маркорозмірів від часу роботи  $t$  при визначених струмах навантаження  $I$  дозволяє зробити наступні висновки щодо досягнення проводами критичних температур 70°C, 90°C та 160°C [4].

Для проводу АПВ 2,5 (Н05V-A 2,5) температура 70 °C при струмі навантаження  $I = 20$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 30$  А дорівнює 99 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 56 с. Температура 90°C при струмі навантаження  $I = 20$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 30$  А дорівнює 140 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 79 с. Температура 160 °C

при струмах навантаження  $I = 20$  А та  $I = 30$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 185 с.

Для проводу ПВ1 2,5 (Н05V-U 2,5) температура  $70^{\circ}\text{C}$  при струмах навантаження  $I = 20$  А та  $I = 30$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 128 с. Температура  $90^{\circ}\text{C}$  при струмах навантаження  $I = 20$  А та  $I = 30$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 180 с. Температура  $160^{\circ}\text{C}$  при струмах навантаження  $I = 20$  А,  $I = 30$  А та  $I = 40$  А не досягається протягом 200 с.

Для проводу АПР 2,5 (Н05R-A 2,5) температура  $70^{\circ}\text{C}$  при струмі навантаження  $I = 20$  А дорівнює 182 с, при струмі навантаження  $I = 30$  А дорівнює 80 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 45 с. Температура  $90^{\circ}\text{C}$  при струмі навантаження  $I = 20$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 30$  А дорівнює 114 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 64 с. Температура  $160^{\circ}\text{C}$  при струмах навантаження  $I = 20$  А та  $I = 30$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 150 с.

Для проводу ПР1 2,5 (Н05R-U 2,5) температура  $70^{\circ}\text{C}$  при струмі навантаження  $I = 20$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 30$  А дорівнює 197 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 110 с. Температура  $90^{\circ}\text{C}$  при струмах навантаження  $I = 20$  А та  $I = 30$  А не досягається протягом 200 с, при струмі навантаження  $I = 40$  А дорівнює 155 с. Температура  $160^{\circ}\text{C}$  при струмах навантаження  $I = 20$  А,  $I = 30$  А та  $I = 40$  А не досягається протягом 200 с.

Можна зробити висновок, що час, протягом якого проводи ПВ1 2,5 (Н05V-U 2,5), ПР1 2,5 (Н05R-U 2,5), АПВ 2,5 (Н05V-A 2,5) та АПР 2,5 (Н05R-A 2,5) нагріваються до критичних температур  $70^{\circ}\text{C}$ ,  $90^{\circ}\text{C}$  та  $160^{\circ}\text{C}$ , є індивідуальним для кожного марко-розміру. Для проводів з мідною жилою (ПВ1 2,5 (Н05V-U 2,5), ПР1 2,5 (Н05R-U 2,5)) нагрів відбувається повільніше у порівнянні з проводами з алюмінієвою жилою (АПВ 2,5 (Н05V-A 2,5) та АПР 2,5 (Н05R-A 2,5)).

Проводи з полівінілхлоридною ізоляцією жили (ПВ1 2,5 (Н05V-U 2,5), АПВ 2,5 (Н05V-A 2,5)) нагріваються повільніше у порівнянні з проводами з гумовою ізоляцією жили (ПР1 2,5 (Н05R-U 2,5), АПР 2,5 (Н05R-A 2,5)). В усіх випадках залежність температури  $T$  проводів від часу роботи  $t$  при різних струмах навантаження  $I$  має логарифмічний вигляд.

## ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. Katunin, A., Kolomiitsev, O., Kulakov, O., Heiko, H., Rudakov, I. Information technologies for calculating the effect of wire thickness and insulation material on its heating temperature during operation. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2023. 198–202.
4. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненергоугілля України, 2017. 617 с.

**АНАЛІЗ ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОВІДІВ ІЗ РІЗНИМИ МАТЕРІАЛАМИ СТРУМОВІДНИХ ЖИЛ***Катунін А.М.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.,**Коломійцев О.В.<sup>2</sup>, заслуж. винахід. України, д.т.н., професор**<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,**<sup>2</sup>Національний технічний університет «ХПІ»*

Забезпечення надійності та безпеки систем електропостачання України при аварійних ситуаціях на об'єктах сьогодні здійснюється в умовах жорстких фінансових вимог, що висуваються до вартості відповідних технічних рішень. Для даного забезпечення доцільно проводити наукові-дослідницькі роботи щодо оцінювання пожежної небезпеки окремих складових систем електропостачання з невисокою вартістю. З даного приводу особливе значення набуває порівнювальне оцінювання пожежної небезпеки проводів зі струмовідними жилами з різних матеріалів, серед якими найпоширенішими є мідь та алюміній.

Як звісно, світова ціна 1 тони міді більш ніж у 3,5 рази дорожча за 1 тону алюмінію, а значення електричного опору алюмінію вище, ніж міді, в 1,64 рази. Тому температура нагрівання проводу з алюмінієвою жилою при проходженні по ньому електричного струму буде вищою у порівнянні з температурою нагрівання проводу з мідною жилою в аналогічних умовах.

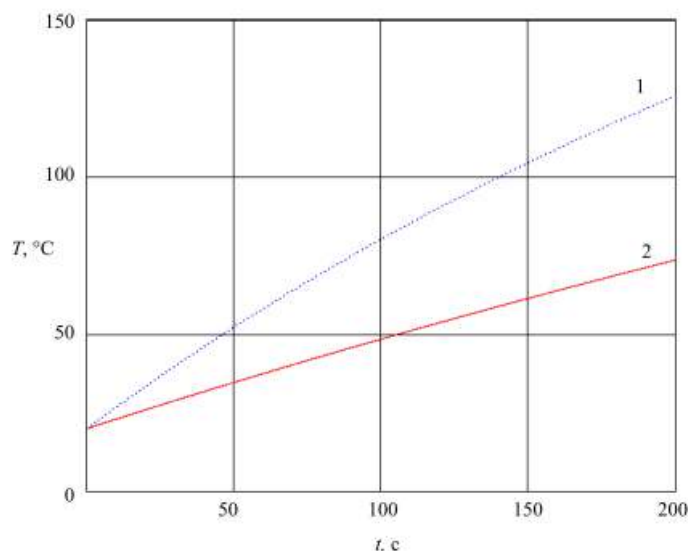
Струмопровідні жили проводів виготовляються з електролітичної міді марок М0 та М1, що відрізняються певною чистотою – 99,95 % та 99,90 % частка міді відповідно. Різні домішки до міді спроможні потенційно знижувати її провідну здатність, збільшувати міцність або надавати певний комплекс змін властивостей. Наприклад, мідь з домішкою кисню має кращу пластичність, ніж мідь марок М1 і М0, з домішкою миш'яку – знижену електричну провідність, з домішкою сурми – знижені теплопровідність та електропровідність.

Також струмопровідні жили проводів виробляються на основі алюмінію марок А1 та А2, які характеризуються наявністю незначних домішок заліза та кремнію. Дані домішки погіршують провідність жили. Окрім того, до інших небажаних елементів в складі жил відносять: титан, ванадій, марганець та магній.

Температура струмопровідної жили як з міді, так і з алюмінію залежить від сили струму, що протікає, від температури навколишнього середовища, діаметра жили та ізоляції провідника, теплообміну з навколишнім середовищем, питомого опору матеріалу провідника, часу роботи тощо. Діелектричні властивості ізоляції кабельних виробів швидко втрачаються за високих температур: так ізоляційний полівінілхлоридний пластикат витримує довгострокове нагрівання до +70 °С, а гумова ізоляція – до +80 °С. В процесі експлуатації можуть досягатися значення температури, які призводять до займання ізоляції кабельного виробу, що може спричинити пожежу. Таким чином, визначення діапазону нагріву проводів зі струмопровідними жилами з різних матеріалів дозволяє оцінювати пожежну небезпеку цих виробів.

На основі застосування математичних моделей раніше визначені діапазони нагріву проводів для різних матеріалів ізоляції [1], тому логічним продовження є проведення аналогічного моделювання для різних матеріалів струмовідної жили.

На рис.1 наведено температурно-часові характеристики експлуатації проводів АПВ 2,5 (залежність 1) та ПВ1 2,5 (залежність 2) при струмі навантаження 30 А, які отримані на основі застосування методики, наведеної в [1–3].



**Рис. 1. Температурно-часові характеристики експлуатації проводів при струмі навантаження 30 А: 1 – АПВ 2,5; 2– ПВ1 2,5.**

Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

- залежності температури нагрівання проводів із різними матеріалами струмовідних жил (алюмінію АПВ 2,5, міді ПВ1 2,5) від часу мають однаковий логарифмічний вигляд;

- матеріал струмопровідної жили проводів суттєво впливає на температуру нагрівання проводу в процесі експлуатації;

- протягом експлуатації вплив матеріалу струмопровідної жили на температуру нагрівання проводу посилюється: так різниця значень температури при часі експлуатації 50 с складає 17 °С, а при часі експлуатації 100 с – 31 °С.

Розрахунки температурно-часових характеристик експлуатації проводів із різними матеріалами струмопровідних жил при різних значеннях струму навантаження дозволять оцінити обмеження та безпечні напрямки застосування кабельних виробів з алюмінієвими жилами, які є більш дешевими, ніж аналогічні вироби з мідними жилами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. 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 Submitted*. 954. 125–133.

2. 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»*. № 24 (February, 2023). С. 210–215.

3. Katunin, A., Kolomiitsev, O., Kulakov, O., Heiko, H., Rudakov, I. (2023). Information technologies for calculating the effect of wire thickness and insulation material on its heating temperature during operation. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 198–202.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОГРАФІЧНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЛЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТА СТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ ЇХ РЕАЛЬНОГО СТАНУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Клименко Є.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Попаденко А.О.<sup>1</sup>, аспірант,*

*Колесніченко С.В.<sup>2</sup>, д.т.н., професор*

*<sup>1</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури,*

*<sup>2</sup>Донбаська національна академія будівництва і архітектури*

Сталеві та залізобетонні будівельні конструкції використовуються в будівництві найрізноманітніших споруд, від мостів і будівель до нафтопереробних заводів та електростанцій. Оскільки ці конструкції зазнають значних навантажень, вони піддаються руйнуванню, включаючи появу тріщин, корозії, розривів та інших пошкоджень.

Дотримання безпеки експлуатації залізобетонних та сталевих конструкцій має важливе значення для забезпечення безпеки персоналу та нормального виробничого процесу.

Термографічна дефектоскопія є одним із перспективних методів неруйнівної дефектоскопії сталевих конструкцій. Вона полягає в замірі температури поверхні конструкції за допомогою інфрачервоних камер та виявленні аномалій температури, що можуть вказувати на наявність дефектів.

Перевагами термографічної дефектоскопії перед іншими методами є можливість виявлення дефектів у важкодоступних місцях, відсутність контакту з поверхнею конструкції, що дозволяє уникнути пошкоджень або забруднень на поверхні, та можливість проведення досліджень в режимі реального часу.

За останні десятиліття була проведена значна кількість досліджень з використання термографії для неруйнівної дефектоскопії будівельних конструкцій. Зокрема японські вчені Йошіакі Нішіна, Юічі Йошінага та Дайсуке Іманіші присвятили статтю розробці технології дистанційної інспекції втомних тріщин в сталевих конструкціях за допомогою інфрачервоної термографії. У статті описано дослідження, що проводилися на зразках сталевих пластин, на яких штучно створювалися втомні тріщини. Було досліджено залежність температурних полів від глибини тріщини та від того, чи знаходиться тріщина на поверхні зразка або в середині. Автори стверджують, що запропонована технологія може бути використана для дистанційної інспекції втомних тріщин в сталевих конструкціях на реальних об'єктах.

Завданням дослідження є підвищити ефективність використання методу активної термографії для обстеження експлуатованих залізобетонних та сталевих конструкцій з урахуванням їх реального стану в умовах експлуатації. Визначити оптимальну методику та регламент проведення обстеження за допомогою даного методу. Ідентифікувати можливі труднощі, що виникатимуть при застосуванні цього методу, та розробити рекомендації з подолання виявлених проблем. Результати цієї роботи можуть бути корисними для практичного застосування методів термографічного неруйнівного контролю в будівельній галузі.

За результатами досліджень отримано патенти на винаходи для системи одностороннього неруйнівного контролю технічного стану металевих конструкцій методом активної термографії а також для інфрачервоного мобільного нагрівача. Подальші дослідження також доцільно проводити в напрямку покращення програмного забезпечення що використовується для обробки результатів отриманих під час

термографічних досліджень експлуатованих сталевих будівельних конструкцій а також автоматизації пошуку дефектів та пошкоджень на термограмах.

В підсумку активна термографія є корисним та ефективним методом дефектоскопії залізобетонних та сталевих будівельних конструкцій. Однак, її застосування повинно бути здійснене в контексті з усіма факторами, які можуть впливати на точність та ефективність роботи відповідного обладнання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Мінрегіон України, Київ 2016.

2. Bagavac, P., Krstulović-Opara, L., Domazet, Ž. (2019). Infrared Thermography of Steel Structure by FFT. *Materials Today: Proceedings*. 12. 2. 298–303. Doi: 10.1016/j.matpr.2019.03.127

3. Oliveira, L.C., Medeiros, A., Mazer, W., Matoski, A., Rachadel, A.C. (2019). The infrared thermography potential for steel detection in reinforced concrete structures. 9th International Conference on Concrete Under Severe Conditions-environment & Loading, Unisinos University, Porto Alegre/RS – Brazil.

4. Psuj, G., Szymanik, B. (2015). Fatigue Monitoring of Steel Structures using Electromagnetic and Infrared Thermography Inspection Methods. XVIII International Symposium on Theoretical Electrical Engineering ISTET'15, Kołobrzeg, Poland June 7th–10th.

5. Nishina, Y., Yoshinaga, Y., Imanishi, D., (2011). Development of remote inspection technology of fatigue cracks in steel structures using infrared-thermography, *The Proceedings of Mechanical Engineering Congress Japan*. Doi: 10.1299/jsmemecj.2011.\_G030012-1.

6. European Standart EN 16714-1 Non-destructive testing – Thermographic testing – Part 1: General principles.

7. Kolesnichenko, S., Popadenko, A., Selyutyn, Yu., (2021). Detection of Dangerous Defects and Damages of Steel Building Structures by Active Thermography», *Materials Science Forum – Trans Tech Publications Ltd, Switzerland*. 1038. 417–423.

8. Колесніченко С.В., Попаденко А.О. Система для одностороннього неруйнівного контролю технічного стану металевих конструкцій методом активної термографії, патент на винахід № 125273, зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.02.2022.

9. Колесніченко С.В., Попаденко А.О. Нагрівач інфрачервоний мобільний, патент на винахід № 126314, зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 14.09.2022.

## ТЕРМОДИНАМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ НІТРАТНО-МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ З ДОБАВКАМИ ОРГАНІЧНИХ ТА НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН В УМОВАХ ЗОВНІШНІХ ТЕРМІЧНИХ ВПЛИВІВ

*Козяр Н.М., к.т.н.,  
Кириченко О.В., д.т.н, професор,  
Ковбаса В.О., ад'юнкт,  
Дядюшенко О.О., к.т.н., доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

Багатокомпонентні піротехнічні нітратно-металізовані суміші (ущільнені суміші з горошків металевих пальних (Mg, Al, ПАМ, Ti, Zr та ін.), нітратовмісних окиснювачів (NaNO<sub>3</sub>, Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub> та ін.), добавок органічних речовин (парафіну, стеарину, уротропіну, ідитолу та ін.) та добавок неорганічних речовин (фторидів металів (NaF, LiF, SiF<sub>2</sub> та ін.), оксидів металів (NiO, CuO, ZnO та ін.)), що широко використовуються у різних галузях народного господарства та військової техніки (суміші для феєрверків, спалахувальні та запалювальні засоби, елементи ракетно-космічної техніки та ін.)

Метою даної роботи є визначення залежностей температури продуктів згоряння вказаних чотирикомпонентних сумішей, вмісту у них високотемпературного конденсату та неокисленого металу від коефіцієнта надлишку окиснювача, величини добавки та зовнішнього тиску за допомогою термодинамічних розрахунків.

В результаті проведених термодинамічних розрахунків отримано нові дані про залежності основних характеристик процесу горіння піротехнічних сумішей Mg + NaNO<sub>3</sub> + парафін + NaF та Al + NaNO<sub>3</sub> + парафін + NaF (температури продуктів згоряння ( $T_z$ , K), змісту у них високотемпературного конденсату ( $g_x^{Mg}$ ,  $g_x^{Al}$ ) та неокисленого металу ( $g_{Mg}^x$ ,  $g_{Al}^x$ )) від коефіцієнта надлишку окиснювача ( $\alpha$ ), величини добавки парафіну ( $\varepsilon_n$ ) та NaF ( $\varepsilon_\phi$ ):

суміш Mg + NaNO<sub>3</sub> + парафін + NaF

– залежність  $T_z(\alpha)$  має максимум  $T_{zmax} = 2650...4300$  K при  $\alpha = \alpha_{T_{zmax}} = 1,9...2,0$ , положення якого не залежить від  $\varepsilon_n$ ,  $\varepsilon_\phi$  та  $P$ ; збільшення величини  $\varepsilon_n$  від  $\varepsilon_n = 0$  до  $\varepsilon_n = 0,2$  призводить до зменшення  $T_{zmax}$  у 1,3...1,4 разу, а збільшення  $\varepsilon_\phi$  від  $\varepsilon_\phi = 0$  до  $\varepsilon_\phi = 0,02$  – до збільшення  $T_{zmax}$  у 1,2...1,3 разу; збільшення  $P$  від  $P = 10^5$  Па до  $P = 10^7$  Па сприяє збільшенню  $T_{zmax}$  у 1,5...1,6 разу;

– залежність  $g_x^{Mg}(\varepsilon_n)$  має мінімум  $g_{xmin}^{Mg} = 0,24...0,45$  при  $\varepsilon_n = \varepsilon_{nmin}^{Mg} = 0,09...0,11$ , положення якого не залежить від  $\alpha$ ,  $\varepsilon_\phi$  та  $P$ ; збільшення  $\alpha$  від  $\alpha = 0,1$  до  $\alpha = 4,0$ ,  $\varepsilon_\phi$  – від  $\varepsilon_\phi = 0$  до  $\varepsilon_\phi = 0,02$  та  $P$  – від  $P = 10^5$  Па до  $P = 10^7$  Па призводить до зростання  $g_{xmin}^{Mg}$  у 1,4...1,5 разу;

– залежність  $g_{Mg}^x(\alpha)$  має мінімум  $g_{Mgmin}^x = 0,27...0,39$  при  $\alpha = \alpha_{Mgmin} = 0,29...0,31$ , положення якого не залежить від  $\varepsilon_n$ ,  $\varepsilon_\phi$  та  $P$ ; збільшення  $\varepsilon_n$  від  $\varepsilon_n = 0$  до  $\varepsilon_n = 0,2$  призводить до зменшення  $g_{Mgmin}^x$  у 1,5...4,2 разу, а збільшення  $\varepsilon_\phi$  від  $\varepsilon_\phi = 0$  до  $\varepsilon_\phi = 0,02$  – до зниження  $g_{Mgmin}^x$  у 1,3...1,4 разу; зростання  $P$  від  $P = 10^5$  Па до  $P = 10^7$  Па призводить до збільшення  $g_{Mgmin}^x$  у 1,5...1,6 разу;

суміш Al + NaNO<sub>3</sub> + парафін + NaF



- залежність  $T_c(\alpha)$  має максимум  $T_{cmax} = 2570...3620$  К при  $\alpha = \alpha_{T_{cmax}} = 1,0...1,2$ , положення якого не залежить від  $\varepsilon_n$ ,  $\varepsilon_\phi$  та  $P$ ; зростання  $\varepsilon_n$  від  $\varepsilon_n = 0$  до  $\varepsilon_n = 0,2$  призводить до зменшення  $T_{cmax}$  у 1,2...1,3 разу, а збільшення  $\varepsilon_\phi$  від  $\varepsilon_\phi = 0$  до  $\varepsilon_\phi = 0,06$  – до зменшення  $T_{cmax}$  у 1,3...1,4 разу; збільшення  $P$  від  $P = 10^5$  Па до  $P = 10^7$  Па призводить до зростання  $T_{cmax}$  у 1,4...1,5 разу;
- залежність  $g_x^{Al}(\varepsilon_n)$  має мінімум  $g_{xmin}^{Al} = 0,21...0,28$  при  $\varepsilon_{nmin}^{Al} = 0,1...0,12$ , положення якого не залежить від  $\alpha$ ,  $\varepsilon_\phi$  та  $P$ ; збільшення  $\alpha$  від  $\alpha = 0,2$  до  $\alpha = 1,5$ ,  $\varepsilon_n$  – від  $\varepsilon_n = 0$  до  $\varepsilon_n = 0,2$ ,  $\varepsilon_\phi$  – від  $\varepsilon_\phi = 0$  до  $\varepsilon_\phi = 0,06$  та  $P$  – від  $P = 10^5$  Па до  $P = 10^7$  Па призводить до зростання  $g_{xmin}^{Al}$  у 1,3..1,4 разу;
- залежність  $g_{Al}^x(\alpha)$  має мінімум  $g_{Almin}^x = 0,07...0,19$  при  $\alpha = \alpha_{Almin} = 0,25...0,27$ , положення якого не залежить від  $\varepsilon_n$ ,  $\varepsilon_\phi$  та  $P$ ; збільшення  $\varepsilon_n$  від  $\varepsilon_n = 0$  до  $\varepsilon_n = 0,2$  призводить до зменшення  $g_{Almin}^x$  у 1,4...3,7 разу, а збільшення  $\varepsilon_\phi$  від  $\varepsilon_\phi = 0$  до  $\varepsilon_\phi = 0,06$  призводить до зростання  $g_{Almin}^x$  у 1,2...1,3 разу; збільшення  $P$  від  $P = 10^5$  Па до  $P = 10^7$  Па призводить до зростання  $g_{Mgmin}^x$  у 1,2...1,3 разу.

Вперше на основі апроксимації отриманих результатів термодинамічних розрахунків статистичними моделями у вигляді регресійних залежностей, що дозволяють у режимах діалогу та реального часу проводити розрахунки на ПК, створено керовану базу даних по температурам продуктів згоряння багатокомпонентних піротехнічних нітратно-металізованих сумішей з добавками органічних та неорганічних речовин, вмісту у них високотемпературного конденсату та неокисленого металу залежно від співвідношення компонентів у суміші та тиску зовнішнього середовища, які визначають їх пожежонебезпечні властивості при передчасному спрацьовуванні виробів в умовах зовнішніх дій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Nahue, K., Kazumi, T., Iwama, A. (1991). Propellents explosives. Pyrotechnics. 16. 5. 245.
2. Vashchenko V.A., Kirichenko O.V., Lega YU.G., Zaika P.I., Yatsenko I.V., Tsybulin V.V. Protsessy gorennya metallizirovannykh kondensirovannykh sistem. K.: Nauchnaya mysl', 2008. 745 s.
3. Кириченко О.В. Пашковський П.С., Ващенко В.А., Лега Ю.Г. Основи пожежної безпеки піротехнічних нітратовмісних виробів в умовах зовнішніх термовпливів. Монографія. К.: Наукова думка, 2012. 318 с.
4. ДСТУ 4316–2004. Вироби піротехнічні побутового призначення. Вимоги пожежної безпеки і методи випробувань. Затверджено наказом Держстандарту України від 05. 07. 2004 р. № 130.

## ШОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ

*Кулешов М.М., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Ризик виникнення надзвичайних ситуацій (НС) природного та техногенного характеру неухильно зростає. У сукупності з наслідками воєнних дій, на території нашої держави, та збереженням воєнних загроз у майбутньому, постає питання підвищення рівня стійкості об'єктів економіки і у першу чергу об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) до функціонування в умовах надзвичайних ситуацій техногенного, природного характеру а також тих що викликані воєнними діями.

Важливу роль у цьому процесі відводиться адміністративно-правовому забезпеченню, яке є однією із складових захисту ОКІ. Відповідно до діючого законодавства в Україні визначено основні засади державної політики у сфері захисту об'єктів критичної інфраструктури; сукупність критеріїв, що визначають їх соціальну, політичну, економічну, екологічну значущість для забезпечення оборони країни, безпеки громадян, суспільства, держави і правопорядку; категоризацію ОКІ; порядок формування їх реєстру, та паспортизації, проведення моніторингу рівня безпеки. Також визначені суб'єкти національної системи захисту критичної інфраструктури; режими функціонування та повноваження функціональних, секторальних органів у сфері захисту критичної інфраструктури та місцевих органів виконавчої влади. Окреслені завдання, права та обов'язки операторів критичної інфраструктури а також організаційні засади національної системи захисту критичної інфраструктури.

Одним з основних завдань формування і реалізації державної політики у сфері захисту об'єктів критичної інфраструктури є прогнозування та запобігання кризовим ситуаціям які можуть призвести до надзвичайних ситуацій а також попередження НС, що досягається високим рівнем стійкості функціонування ОКІ до негативних внутрішніх і зовнішніх впливів. Реалізація зазначеного завдання включає в себе підготовку та реалізацію комплексу правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, спрямованих на регулювання безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення кризових ситуацій на основі даних моніторингу спостережень, експертизи, досліджень і прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання в НС або пом'якшення їх можливих наслідків.

Сам рівень стійкості ОКІ закладається у проектних рішеннях при їх будівництві, що закріплено будівельними нормами та правилами, що є основою надійного їх функціонування в період експлуатації підприємств. Зазначені рішення залежать від функціонального призначення об'єктів, віднесення їх до відповідної категорії цивільного захисту та категорії за показниками пожежа вибухонебезпечності. Безпосередньо стійкість самого об'єкту досягається за рахунок запровадження проектних інженерно - технічних заходів, які включають в себе вибір місць раціонального розміщення об'єктів, характеристики міцності будівельних конструкцій та необхідні ступені їх вогнестійкості, об'ємно-планувальні рішення, обладнання системами спостереження та контролю за небезпечними технологічними процесами, системами оповіщення про загрози тощо. Крім цього реалізуються також заходи з захисту робітничого персоналу та навчання його діям під час виникнення НС.

Слід зазначити, що ряд об'єктів критичної інфраструктури одночасно відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки, багато з яких, у нашій країні, експлуатується в умовах

низького рівня протипожежного захисту та захисту від загроз техногенного і воєнного характеру. За таких обставин вони є незахищеними та уразливими від зовнішніх негативних впливів у тому числі воєнного характеру, особливо це стосується об'єктів паливо - енергетичного сектору.

З урахуванням зазначеного є нагальна потреба у перегляді підходів до організації захисту ОКІ в умовах війни. Особливу увагу при цьому слід приділити спеціальним інженерно – технічним, технологічним та організаційним заходам.

Так, обсяг та зміст спеціальних інженерно – технічних заходів слід визначати виходячи з ймовірності та масштабів впливу на конкретну територію (об'єкт економіки) сучасних засобів поразки з урахуванням зонувань територій за вражаючими факторами, а також залежно від характеру та масштабів можливих аварій, катастроф і стихійних лих. Інженерно-технічні заходи зазвичай включають комплекс робіт, що забезпечують підвищення стійкості виробничих будівель та споруд, обладнання, комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи повинні забезпечувати підвищення стійкості функціонування об'єкта економіки шляхом зміни технологічного процесу, що сприяє спрощенню виробництва продукції, обліку та урахування потреб воєнного часу у тому числі для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а також сприяти виключенню або максимально можливому зниженню впливу вражаючих факторів НС.

Організаційні заходи у свою чергу повинні плануватися і реалізовуватися як на об'єктовому рівні, органами управління ЦЗ об'єкту, так і на місцевому, регіональному та державному рівні відповідними органами виконавчої влади.

На об'єктовому рівні ці заходи передбачають розробку та планування дій керівного складу об'єкту, штабу, спеціалізованих служб та аварійно-рятувальних формувань цивільного захисту із захисту робітників і службовців підприємств, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, відновлення виробництва, а також випуск продукції на обладнанні, що збереглося.

У свою чергу організаційні заходи органів виконавчої влади повинні передбачати розробку і реалізацію завдань з забезпечення готовності відповідних органів управління і сил цивільного захисту до реагування на НС, які трапилися на об'єктах критичної інфраструктури, та ліквідації їх наслідків.

Важливим також, для усіх суб'єктів забезпечення цивільного захисту, є завдання з вжиття заходів для відновлення об'єктів критичної інфраструктури сфери життєзабезпечення населення, що передбачає, поряд з іншим, проведення цільової мобілізації людських ресурсів для проведення окремих видів робіт у відбудовний період.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру» від 16 листопада 2021 року. № 1882-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
2. Постанова КМУ від 09. Жовтня 2020 р. № 1109 «Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури». URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KP201109>

## ДИДЖИТАЛІЗАЦІЯ ЯК СКЛАДОВИЙ ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІННОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

*Лобойченко В.М.<sup>1,2</sup>, д.т.н., професор,*

*Букарева О.<sup>2</sup>,*

*Михалюк А.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Universidad de Sevilla (Spain),*

*<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет*

Військова агресія росії, що почалась у лютому 2022 р., спричинила катастрофічні зсуви в українському та світовому суспільстві. Різноманітні тяжкі злочини проти цивільного населення нашої держави, руйнування об'єктів інфраструктури та природно-заповідного фонду, значні економічні та соціальні зміни, міграційна криза є лише частиною тих небезпек, що стали зараз перед Україною. Як відтерміновані наслідки можна виокремити демографічні зсуви та зменшення кількості населення, загальне погіршення його психофізичного стану, погіршення природного біорізноманіття та значне забруднення довкілля як внаслідок бойових дій, так і в результаті знаходження у воді та ґрунті використаних боєприпасів, воєнної техніки, тощо [1].

Ще одним небезпечним фактором, який має безпосередню та опосередковану дію на населення та навколишнє середовище, є наявність вибухонебезпечних предметів на території України. Сюди можна віднести заміновані території, що знаходились в зоні бойових дій, та загалом всю місцевість, що підпадала під ворожі обстріли. Відповідно, боєприпаси, що не розірвались, міни різного виду, саморобні вибухові пристрої є тими небезпеками, на які зараз наражається населення України. Масовий характер розповсюдження та значне різноманіття вибухонебезпечних предметів потребують широкого спектру заходів на всіх рівнях для розв'язання цієї проблеми.

Гуманітарне розмінування, що є пріоритетним підходом при очищенні територій від мін, боєприпасів тощо, потребує спеціального навчання, знаряддя та певного часу для підтвердження безпеки очищеної ділянки. Використання захисних пристроїв та обладнання [2] є лише частиною необхідних заходів щодо ліквідації небезпеки. В умовах підводного розмінування це завдання набуває підвищеної складності [3]. Автоматизація та механізація обладнання, застосування віддаленого управління та знешкоджувальних механізмів виступають при цьому чинниками зниження небезпек.

Відкриття ринку операторів з розмінування, наявність державних операторів з розмінування, міжнародна співпраця з профільними організаціями, такими як Halo Trust та розробка нормативних документів вказують на пріоритетність цього питання для держави [4].

Важливим попереджувальним фактором в забезпеченні безпеки населення є питання його обізнаності та інформованості. Крім безпосередньо «face-to-face» навчальних занять та просвітницьких заходів від представників освітньої спільноти, фахівців ДСНС України, МВС, Міноборони та інших експертів необхідним є охоплення максимально значної різновікової аудиторії. Відповідно, отримав розвиток напрям створення відеокурсів та інтерактивних навчальних активностей для дітей молодшого віку, підлітків, молоді та дорослих. Такі платформи як «Зрозуміло!» «Prometheus», «Всеосвіта» та інші містять навчальні курси для інформування щодо видів мінних загроз та необхідних заходів у разі їх виявлення. Цифровізація всіх сфер суспільства вкупі із можливістю доступу до мережі Інтернет дозволила індивідуалізувати розповсюдження інформації щодо мінних небезпек, зокрема, шляхом створення різноманітних додатків, інформаційних сайтів та мап із місцями мінної небезпеки як з міжнародною підтримкою

(наприклад, під егідою UNICEF створено сайт «bezpeka.info»), так і фахівцями держслужб («Сервіс протимінної діяльності ДСНС», «MineFree 3.0» тощо) [4, 5]. Можливість інтерактивного доступу, залучення громадян до інформування щодо мінних небезпек, зручність використання інтерфейсу- такий підхід має на меті максимальне забезпечення безпеки населення.

В той же час можна відмітити певні напрямки, що потребують подальшого розвитку. Зокрема, охоплення аудиторії вище 60–70 років, яка має меншу цифрову обізнаність порівняно з іншими віковими групами; доступність інтернету та цифрових пристроїв (смартфон, комп'ютер, ноутбук, планшет тощо) для населення; поява нових вибухонебезпечних предметів, які ще не внесені в бази даних; наявність необстежених територій з мінами; відсутність чи обмеження доступу до заряджувальних пристроїв чи енергомережі і неможливість використовувати цифровий пристрій; використання штучного інтелекту та деякі інші моменти.

Таким чином, можна відмітити значний прогрес у диджиталізації технологій та підходів при забезпеченні мінної безпеки населення та територій України, та відзначити необхідність подальших розробок в цьому напрямку.

### ЛІТЕРАТУРА

1. 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.

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*. 109602. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109602>

3. Соловійов І., Соловійов П., Стрілець В. Обґрунтування пропозицій за результатами аналізу багатофакторних моделей гуманітарного підводного розмінування. *Інформаційна безпека та інформаційні технології: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, студентів і курсантів*, м. Львів, 30 листопада 2023 року. Львів, ЛДУ БЖД, 2023, С. 427–429.

4. Павлів В., Букарева О., Михалюк А. (н.к.: д.т.н., проф. Лобойченко В.М.). Цифрові технології в забезпеченні мінної безпеки в Україні. *Студентський науковий вісник. Student Scientific Bulletin, Studencki Biuletyn Naukowy. Фаховий науковий збірник*. Випуск 50. Луцьк: Видавництво «Вежа-Друк», 2023. С. 246–252.

5. Бобок Я.В., Павлів В.В., Лобойченко В.М. Інформаційні технології в роботі фахівців з цивільної безпеки. *Охорона праці: освіта і практика. Проблеми та перспективи розвитку охорони праці: Зб. наук. праць III Всеукраїнської науково-практичної конференції викладачів та фахівців-практиків та XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, аспірантів та ад'юнктів*. Львів: ЛДУ БЖД, 2023. С. 31–32.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СТРЕС-КОРОЗІЙНИХ РУЙНУВАНЬ ГАЗОПРОВОДІВ

*Макаренко В.Д.<sup>1</sup>,  
Бердник О.Ю.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Амеліна Н.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Петрикова Є.М.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

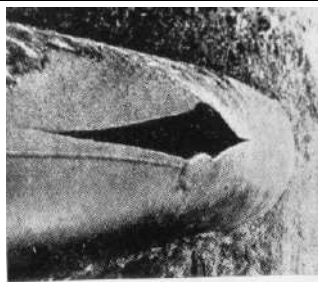
*<sup>1</sup>Херсонський національний технічний університет,*

*<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури*

Проблеми стрес-корозії або водневий блистеринг газопроводів є актуальними і вимагають уважного вивчення причин та факторів, які спричиняють такий вид корозійно-механічних руйнувань трубопроводів. Аналіз численних публікацій з цієї проблеми виявили протиріччя інформації стосовно механізму стрес-корозії та недоліки експериментальних матеріалів з обґрунтування природи і особливості характеру руйнувань на газопровідних мережах. Системні експериментальні дослідження з використанням різних марок трубних сталей дозволили визначити марки сталей, які за своїми характеристиками найбільш стійкі проти ВБР в жорстких умовах експлуатації, в тому числі навіть в найбільш агресивному середовищі NACE з добавками H<sub>2</sub>S і CO<sub>2</sub> при тиску 10–15 атм. Причому експериментальні дослідження були максимально наближеними до умов експлуатації трубопроводів газотранспортної мережі. Отримані результати експериментальних досліджень можуть служити підґрунтям для розробки методів технічної діагностики та прогнозуванню дійсного стану трубопроводів, що значно унеможливить виникнення раптових руйнувань, спричинених стрес-корозією. Встановлено вплив терміну експлуатації газопроводів на ступінь наводнення і мікротвердість трубних сталей, що дозволило обґрунтувати охрупчування металу з ростом терміну експлуатації. Визначені значення ударної в'язкості на зразках з гострим і круглим надрізами та величину роботи росту тріщини в залежності від терміну експлуатації трубних сталей, що дозволило вибрати марки сталей, які характеризуються найвищим спротивом крихкому руйнуванню. Показано, що з терміном експлуатації руйнування відбувається по крихкому механізму, що підтверджено збільшенням частки волокнистої складової в зломах зразків після ударних випробувань. Встановлено, що найнижчою швидкістю корозії володіють нові марки удосконалених сталей марок 20А і 08ХМЧА. Запропонований в роботі параметр ПРФНВ дозволяє оцінити схильність трубних сталей до стрес-корозійного руйнування та надає можливість металургійним шляхом регулювати корозійну тріщиностійкість трубопроводів.

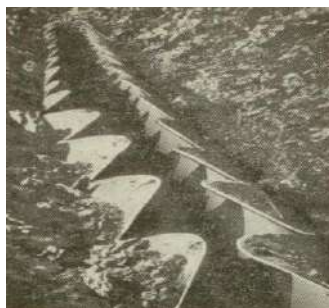
Як впливає з аналізу численних літературних джерел [1–3], в останні роки предметом дискусії з питань стрес-корозійного руйнування (в іноземній літературі такий вид руйнування називають водневий блистеринг – ступінчате вспучування або розтріскування) трубних сталей, які тривалий термін експлуатуються в складі трубопроводів і контактують з корозійно-агресивними середовищами, є вплив різних факторів (зовнішніх і внутрішніх) на характер поведінки воднем ініційованого окрихчення, а також критерій вибору відповідних імітаційних експериментальних випробувань і марок трубних сталей в різних умовах сірководеньмісних сумішах.

Приклади стрес-руйнування газопроводів в процесі тривалої експлуатації (більше 10–15 років) наведені на рис. 1 і 2.



**Рис. 1. Руйнування газопроводу діаметром 620 мм в результаті утворення повздовжньої тріщини поблизу зварювального з'єднання.**

Магістральні газопроводи з робочим тиском 5.5-10 МПа і діаметром 1020-1420 мм є єдиними металевими конструкціями, в яких неодноразово спостерігалися крихкі, вельми протяжні, руйнування. Із практики випробувань відомі крихкі руйнування газопроводів довжиною в декілька кілометрів. Крихкі руйнування в газопроводах (рис. 2) розповсюджуються без зниження тиску газу у вершині рухомої тріщини, оскільки швидкість їх розповсюдження більш ніж в 1.5 рази перевищує швидкість декомпресії газу з трубопроводу. Часто такі руйнування називають лавинними, підкреслюючи тим самим їх виключну небезпеку і високошвидкісний характер розповсюдження.



**Рис. 2. Ділянка крихкого руйнування магістрального газопроводу після випробувань.**

Крихке руйнування протікає під дією кільцевих робочих напружень, тобто пружної енергії, накопиченої в металі труб. Виникненню його сприяють концентратори напружень і інші дефекти в трубі, а розповсюдженню – недостатній спротив металу труб крихкому руйнуванню.

Крихке руйнування має прямий, перпендикулярний до поверхні стінки труби злом крайок з характерним шевронним узором типу «ялинки». Напрямок шевронного узору дозволяє визначити напрямок руху тріщини і встановити початок руйнування. Поверхня злому крайок має кристалічну будову. Зі зниженням швидкості руйнування по краям злому утворюються в'язкі «губи» зрізу і проходить помітна пластична деформація металу у крайок труб.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Nasonina N.G., Antonenko S.Ye. Analiz povrezhdayemosti vodoprovodnykh i kanalizatsionnykh setey. Sovremennoye promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2019. Tom 15. № 1. S. 23–34.
2. Makarenko V.D., Gachev S.I., Prokhorov N.N. Svarka i korroziya neftegazoprovodov Zapadnoy Sibiri. Kiyev: Izd-vo «Naukomysliye», 1996. 549 s.
3. Макаренко В.Д., Максимов С.Ю., Білик С.І. і ін. Корозійні руйнування каналізаційних систем України. Київ: НУБіП України. 2021. 272 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОРОЗІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТРИВАЛУ ВТОМЛЕНІСТЬ СТАЛЕВИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Макаренко В.Д.<sup>1</sup>,  
Гоц В.І.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Бердник О.Ю.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Амеліна Н.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>*Херсонський національний технічний університет,*

<sup>2</sup>*Київський національний університет будівництва і архітектури*

В каналізаційному будівництві часто використовують сталевий профільний прокат (труби, таврові і двотаврові балки, кутники), як основний тип конструкцій. В Україні їх частка складає близько 90 % і в найближчій перспективі ця цифра помітно не зміниться, оскільки з-за збільшення терміну експлуатації таких споруд різко зростає зношеність сталевих конструкцій та корозійні руйнування арматури в залізобетонних конструкціях, а тому тільки податливі сталеві конструкції зможуть забезпечити в більшості випадків задовільний експлуатаційний стан підземних каналізаційних інженерних споруджень. Майже унікальна здатність цих конструкцій адаптуватися до зміни навантажень і в зв'язку з цим силових та температурних факторів, не руйнуючись, дозволяє розглядати їх як найбільш безпечні.

Корозійна агресивність каналізаційних стоків спричинена наявністю хлор-іонів, аніонів сірчанних кислот, іонів магнію і кальцію, аніонів хлористих солей і кислот.

Корозія (руйнування металу) є результатом взаємодії навколишнього середовища з металами. С точки зору механізму корозійного процесу корозія буває хімічна, електрохімічна і біохімічна. В промислових умовах каналізаційних споруд частіше всього може мати місце біологічна корозія з поступовим переходом до електрохімічного виду корозії.

Аналіз літературних джерел свідчить, що до теперішнього часу в літературі відсутні відомості щодо тривалої втоми (міцності) сталевих трубних конструкцій, особливо арматурних стрижнів залізобетонних каналізаційних споруд в процесі тривалого терміну експлуатації в агресивних хімічно-активних середовищах, які одночасно містять хімічні інгредієнти та біологічно-агресивні бактерії.

В процесі експлуатації каналізаційних систем залізобетонні галерейні стінки безпосередньо контактують з вологою, хімічно активними водами і навколишньою атмосферою. В результаті, сталеві трубні та залізобетонні конструкції (зокрема, арматурні стрижні) піддаються різним видам корозії, серед яких відрізняють атмосферну, підводну, підземну, водневу, кисневу, газову та сірчано-кислотну, хлоридну та мікробіологічну (бактеріальну).

Як показують обстеження і практика, в каналізаційних спорудах одночасно можуть відбуватися корозійні процеси декількох видів, зокрема:

Атмосферна корозія протікає особливо інтенсивно, коли температура повітря досягає 40°C, повітряний потік характеризується значною швидкістю повітряної струйки і відносною вологістю, часто рівною 100 %.

Підводна корозія – це руйнування металу, зануреного в воду. Під водою знаходяться елементи фундаментних кріплень, прилегаючи до водовідливним канавок і підтопленим виробам, системи водозбірників, трубопроводів і т. д. Наявність у воді домішок солей і кислот прискорює процес. Підземна корозія виникає при дії на метал залізобетон підводного біологічно-агресивного середовища і мінеральних частинок.



Воднева і газова види корозії характерні для металокопструкцій в каналізаційних спорудах.

В підземних каналізаційних умовах корозія металу також класифікується по характеру руйнування. Найбільш небезпечною виявляється нерівномірна корозія.

Слід звернути увагу на роль прокатної окалини і іржи в процесах корозії металевих копструкцій, особливо арматурних стрижнів залізобетонних копструкцій в каналізаційних умовах тривалого терміну експлуатації.

В результаті агресивного впливу підземних каналізаційних умов, попадаючи на окремі частини металевих копструкцій, вода накопичується, утворюючи застійні зони (ділянки), що приводить до їх швидкому кородування. Практично встановлено, що тонкі плівки рідини діють більш активно і агресивно, тому коли між металевими частинами спостерігаються вузькі волосяні зазори, тоді процеси корозії протікають більш інтенсивно.

Важливу роль в цьому процесі грають зважені у воді частинки, які по своїй корозійній активності можна розділити на три групи:

1. Корозійно-активні частинки. Це в більшості випадків частинки солей, наприклад, хлористого натрію, сірчанокислого натрію, сірнокислого амонію.

2. Корозійно-неактивні частинки, адсорбуючі з повітря корозійно-активні гази. Це частинки замулення днища біля аераційних станцій та наглядових колодязів, присутність яких на металі сильно прискорює його корозію.

3. Корозійно-неактивні частинки, не адсорбуючі шкідливих газів.

В деяких умовах каналізаційного ландшафту спостерігається явище, коли частинки твердих відходів і мінеральних порід, при відсутності водопритоку з боку навколишнього середовища створюють захисну плівку, під якою процеси корозії тимчасово призупиняються.

Вищерозглянуті умови експлуатації каналізаційного устаткування і різних інженерних металокопструкцій незначно змінюються в межах каналізаційних споруд України.

Слід зауважити, що для оцінки внутрішніх напружень в діючих металокопструкціях гідротехнічних споруд використовували прилад моделі «Stresscan» фірми «Argosy Technologies» (США), принцип роботи якого заснований на використанні властивостей магнітопружності феромагнітних матеріалів (шумів Баркхаузена). Цей прилад дозволяє виявляти параметри напружено-деформованого стану металу в дослідній локації, в автоматичному режимі знаходити концентратори механічних напружень і градієнти різниці механічних напружень, а також кількісно оцінити їх небезпеку, а також знаходити зони з остаточними пластичними деформаціями і зварювальними напруженнями. Принцип роботи цього дослідного приладу більш детально описаний в роботі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Nasonina N.G., Antonenko S.Ye. Analiz povrezhdayemosti vodoprovodnykh i kanalizatsionnykh setey. Sovremennoye promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2019. Tom 15. № 1. S. 23–34.

2. Makarenko V.D., Gachev S.I., Prokhorov N.N. Svarka i korroziya neftegazoprovodov Zapadnoy Sibiri. Kiyev: Izd-vo «Naukomysliye», 1996. 549 s.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ КОМПОЗИТНИХ ПАНЕЛЕЙ ПІД ДІЄЮ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА СТВОРЕННЯ НАДІЙНОГО ЗАХИСТУ БРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ

*Макаренко В.Д.<sup>1</sup>,  
Гоц В.І.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Бердник О.Ю.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Амеліна Н.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>*Херсонський національний технічний університет,  
<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури*

Проблема захисту людей та підвищення безпеки технічних засобів в умовах бойових, аварійних та інших непередбачуваних екстремальних ситуацій, викликаних механічним ударом, завжди була, є і буде актуальною.

У матеріалознавчому аспекті наразі означена проблема розробки ударостійких матеріалів трансформується у вимоги сьогодення до створення багатофункціональних композиційних панелей та захисних конструкцій на їх основі. Очевидно, що забезпечення стійкості і працездатності цих конструкцій є найважливішим завданням. У зв'язку з тим, що експериментальне досягнення необхідної міцності і надійності виробів є складним технічним завданням (рішення якого вимагає великих енергетичних і фінансових ресурсів), важливу роль набуває таке моделювання процесів, що протікають при їх експлуатації, яке дає рекомендації з правильного вибору матеріалів розроблюваних композитів.

Мета роботи полягає в розробці композитних матеріалів для легких протиударних захисних конструкцій та визначенні характеру упаковки, особливостей структури та рівень їх фізико-механічних властивостей. Проведені розрахунки економічного ефекту за результатами досліджень.

Проблема захисту людей та підвищення безпеки технічних засобів в умовах бойових, аварійних та інших непередбачуваних екстремальних ситуацій, викликаних механічним ударом, завжди була, є і буде актуальною. Історія вирішення як теоретичних так і практичних аспектів даної проблеми висвічує десятки відомих усьому світові вчених у кожній провідній країні світу. У матеріалознавчому аспекті наразі означена проблема розробки ударостійких матеріалів трансформується у вимоги сьогодення до створення багатофункціональних композиційних панелей та захисних конструкцій на їх основі. Для проведення досліджень у відповідності з поставленим завданням використано екстремальний експеримент, на основі якого створено модель рівняння яке описує глибину утворених лунок внаслідок балістичного удару. Основним параметром опису є глибина проникнення ударника в шарувату панель без урахування траєкторії руху бойка в композитному матеріалі, яка виражається в лінійних одиницях (мм).

Розробка та вдосконалення ударостійких захисних екранів та композиційних матеріалів що їх складають є важливою проблемою сучасного матеріалознавства, вирішення якої обумовлено необхідністю захисту людей та підвищення безпеки експлуатації технічних засобів в умовах бойових, аварійних та інших непередбачуваних ситуацій, пов'язаних з їх можливим ушкодженням від механічного удару і ударно-хвильового впливу.

Традиційно ця проблема вирішувалась шляхом застосування захисних засобів на основі сталевих матеріалів, які модифікувалися під нові фактори. Але це призводило до небажаного підвищення ваги захисних пристроїв, яке обмежує рухливість людини та мобільність захисних засобів. Вказані виклики дали поштовх для розвитку захисних протиударних засобів шляхом використання більш легких керамічних та композиційних матеріалів, які не тільки зменшують загальну вагу конструкції, але і підвищують їх ударостійкість.

Першим кроком модифікації захисних екранів стало використання кераміко – полімерних та метало - керамічних панелей. Такі панелі містять у своєму складі фронтальний

шар, який виготовлено із кераміки та задню опорну пластину, що виготовляють із металевого матеріалу або волокнистого композиту. Захисні властивості таких ударостійких екранів забезпечуються їх високою здатністю до абсорбції кінетичної енергії ударника, яка може мати місце внаслідок пластичної деформації або крихкого руйнування матеріалів перешкоди. Основне призначення керамічного шару полягає у притупленні верхівки ударника, його руйнуванні, а також розсіянні енергії удару по як найширшій площині захисного екрану. Внаслідок руйнування зовнішнього керамічного шару швидкість ударника зменшується і задня гнучка стінка, яка зазнає деформації, затримує зруйновані уламки та абсорбує залишкову кількість кінетичної енергії ударника і уламків.

Волокнисті композити застосовують в складі метало-керамічних панелей для більш ефективного захисту від ураження зруйнованим матеріалом. Композити на основі високоміцних термопластичних волокон, спроможних до значного подовження, абсорбують енергію шляхом їх пластичної деформації під час витягування. Для волокнистих композитів, в яких волокна є зв'язаними з матричною основою, процес руйнування відбувається в два етапи. На першому етапі ударник буде проникати в волокнистий композит шляхом тиску та зсувом. На другому етапі руйнування відбувається розтягуванням, розшаруванням та розривом волокон.

В роботі розроблено зразки композитних панелей здатних змінити характер розповсюдження кінетичної енергії та проаналізовано вплив на них високошвидкісного навантаження, створено план проведення досліджень випробувань балістичного удару, визначено впливові фактори, згідно діаграми рангів, та основні рівні варіювання характеристик що першочергово впливають на процес відгуку. Наведено та охарактеризовано схему проведення експерименту по дослідженню впливу ударника на композитні панелі. Проаналізовано сучасні аналоги відомих броньових панелей, визначено їх конструкційні особливості, переваги та недоліки, обрано структурно подібний прототип. Розроблено та сконструйовано власні моделі композиційних двошарових панелей замкнутого типу. Проведено дослідні випробування впливу динамічного удару та охарактеризовано результат високошвидкісного навантаження на розроблені зразки. Зразки в основа композиту яких складається з гранітного відсіву, металеві стружки та битого скла (однорідної фракції) витримали балістичний удар без пошкоджень тильної сторони. Зразок № 1 (на основі гранітного відсіву) витримав навантаження без наочних руйнувань структури (надломів, вилущень, сколів), гарантувавши цим свою стійкість, в порівнянні з зразками № 2, № 3, хоча глибина деформацій в порівнянні з ним більша майже на 10 мм. Визначено структурні особливості композитних основ до стійкості впливу швидкісного динамічного удару. Надзвичайно важливу роль відіграє основа та зв'язка суміші, адже під час проникнення ударника в композит, що знаходиться в замкнутому просторі, виникаючі напруження розтягу та стиску не повинні перевищувати гранично допустимі напруження. Згідно результатів видно, що оптимальною кількістю шарів розробленої панелі для даних видів композитів є 2 шт., адже при одному шарі глибина деформацій перевищує товщину панелі – як наслідок її пробивання, а при трьох шарах глибина лунок сягають лише проникнення в другий шар, тому виготовлення останнього є економічно недоцільним. Кут встановлення та дистанція підльоту, згідно отриманих даних, впливають але не так критично, адже варіювання глибини проникнення менше 10 мм, в залежності від граничних значень (тобто ударник в усіх випадках проникає в другий шар та залишається в ньому). На базі результатів обчислювального експерименту, що спирається на експериментальні дослідження, розроблено аналітичну модель руйнування конструкцій, які мають пошкодження, при високошвидкісному ударному навантаженні та встановлено поведінку композитного наповнювача у замкнутому просторі труби і складі композитної панелі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Nasonina N.G., Antonenko S.Ye. Analiz povrezhdayemosti vodoprovodnykh i kanalizatsionnykh setey. Sovremennoye promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2019. Tom 15. № 1. S. 23–34.
2. Makarenko V.D., Gachev S.I., Prokhorov N.N. Svarka i korroziya neftegazoprovodov Zapadnoy Sibiri. Kiyev: Izd-vo «Naukomysliye», 1996. 549 s.

## РЕНТГЕНОФАЗНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГЕНЕРОВАНИХ СУМІШЕЙ АДСОРБЕНТІВ

*Мальований М.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Сакалова Г.В.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,*

*Krusir G.<sup>3</sup>*

*Національний університет «Львівська політехніка»,*

*Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського,*

*Institute for Ecopreneurship, School of Life Sciences, University of Applied Sciences und Arts  
Northwestern Switzerland*

Для визначення ефективності регенерації, а також для прогнозування основних методів та напрямків використання відпрацьованих сорбентів, попередньо використаних у водоочищенні, потрібно мати надійні інструментальні методи дослідження структури адсорбційних матеріалів, для чого і був застосований метод рентгенофазного аналізу.

Запропоновано здійснювати регенерацію відпрацьованої суміші сорбентів, що складається із активованого вугілля (АВ марки БАУ-А) і кізельгуру (К марки Бекогур 200) в масовому співвідношенні 1:3. Попередньо ці два сорбенти були використані для освітлення цукрових сиропів на промисловому виробництві безалкогольних напоїв. Освітлення проводять шляхом пропускання сиропу через чотири фільтри, виготовлені з нетканних матеріалів, на які нанесено моносорбент. По завершенні кожного циклу сорбенти замінюють на свіжі, а утворену суміш складують не промисловому майданчику до утилізації.

Аналіз проводили у порівнянні рентгенограм чотирьох зразків:

Зразок 1: Суміш чистого АВ і К у масовому співвідношенні 1:3.

Зразок 2: Чисте АВ.

Зразок 3: Суміш АВ і К після використання для освітлення цукрового сиропу.

Зразок 4: Регенерована суміш активованого вугілля і кізельгуру.

Рентгеновські лінії (рис. 1) досить розмиті у зразках 1, 3, 4, що характерно для природних глин переважно аморфного складу, що характеризує наявність у кізельгурі глинозему і глауконіту [1]. Порівнюючи зразки 1 і 2 чітко простежується їх відмінність, що обумовлено вмістом лише 30–35 % АВ у зразку 1. При цьому інтенсивність та кількість піків  $\text{SiO}_2$ -кристобаліту у зразку 2 вказує на його більший вміст. Так, у зразку 2 вміст  $\text{SiO}_2$  а-кристобаліту становить більше 90 %, а вміст  $\text{SiO}_2$  а-кварц близько 6-%. Це дає змогу стверджувати, що зразок 2, на відміну від інших є аморфнокристалічний. Зразки 1, 3, 4 мають схожість у дифрактограмах: наявність слідів каолініту, вміст  $\text{SiO}_2$  а-кристобаліту 85–88 %,  $\text{SiO}_2$  а-кварцу 3–4-%, незначний вміст аморфної фази (10–15 %).

В порівнянні дифрактограм 3,4 зі зразком 2 положення основних піків кристалоболіту  $\text{SiO}_2$  можна вважати маркером, що характеризує глибокі перетворення глинистої структури [2]. Дані показують наявність у лівій частині дифрактограм сумішей сорбентів основного піка кристалоболіту  $\text{SiO}_2$ , що розміщується при  $26^\circ$  та добре характеризує вихідний (зразок 1) та регенерований сумішевий сорбент (зразок 2). На дифрактограмі зразку 2 нерегенованого сумішевого сорбенту цей пік зсувається до більш низьких значень дифракційних кутів: від  $26^\circ$  до  $23^\circ$ .

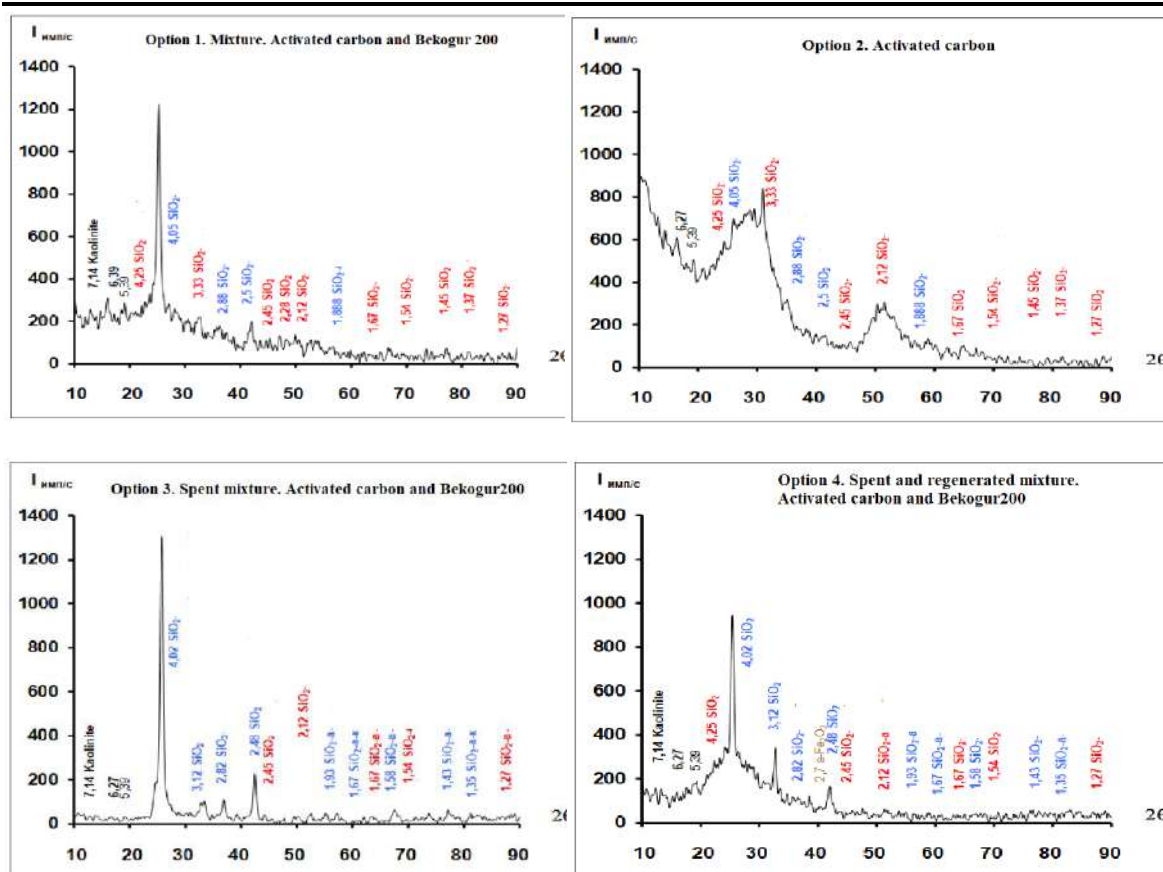


Рис. 1. Дифрактограми зразків сорбентів.

Таким чином можемо стверджувати, що технологічні режими проведення освітлення і умови регенерації не призводять до глибоких перетворень сорбентів, а забруднення цукром можливо усунути хімічним очищенням сорбенту з одночасним відновленням його сорбційної здатності.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кириченко О.В. Мінералогічний склад і термічне перетворення природних і модифікованих залізом бентонітових глин. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. 20(3) С. 77–82.
2. Powder Diffraction File, produced by the International Centre for Diffraction Data.- Swarthmore / Pennsylvania. USA. Sets 1–45.

## КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ

*Матухно В.В., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Сучасний світ стикається з різноманітними викликами, серед яких особливе місце займає питання безпеки в умовах можливого залишкового ризику від мін та вибухових пристроїв.

Необхідність розвитку системи протимінної діяльності Державної служби України надзвичайних ситуацій (ДСНС) набуває особливої актуальності в контексті сучасних тенденцій та загроз, що виникають по всій території України. Постійне удосконалення та адаптація системи є критичним елементом для забезпечення ефективного реагування на виклики, пов'язані із мінно-вибуховою небезпекою.

Розвиток концепції системи протимінної діяльності – це не лише стратегічний крок для укріплення безпеки нашого суспільства, але й спільна мета для забезпечення належного захисту наших громадян та інфраструктури.

Метою концепції розвитку системи протимінної діяльності ДСНС є створення інтегрованої та високоефективної системи, спроможної ефективно протистояти загрозам, пов'язаним із мінами та вибуховими пристроями. Концепція спрямована на досягнення комплексного підходу до запобігання, виявлення, реагування та подолання наслідків можливих інцидентів, пов'язаних із мінно-вибуховою небезпекою.

### 1. Розвиток сучасних технологій та обладнання.

#### 1.1. Впровадження прогресивних систем виявлення мін та вибухових пристроїв:

- Новітні системи зі сприйняттям на основі сучасних технологій дистанційного зондування та дронів для виявлення мін та вибухових пристроїв на значній площі.
- Інтелектуальні системи аналізу зображень на основі систем штучного інтелекту та машинного навчання для ефективного аналізу візуальних даних і виявлення потенційно небезпечних територій.

#### 1.2. Розвиток методів розмінування:

- Електронні та роботизовані засоби розмінування на базі автоматизованих роботизованих систем для безпечного та ефективного розмінування території.
- Технології дистанційного управління. Розробка та впровадження систем дистанційного управління для маніпулювання робочими механізмами з безпекою для операторів.

#### 1.3. Інноваційні засоби ідентифікації та аналізу мін.

- Молекулярно-біологічні системи. Дослідження та використання молекулярно-біологічних методів для точної ідентифікації хімічного складу вибухових речовин.
- Сучасні сенсорні технології. Використання інноваційних сенсорів для виявлення навіть малих кількостей вибухових матеріалів, що забезпечить високу чутливість системи.

#### 1.4. Розробка ефективних засобів попередження.

- Системи раннього попередження. Впровадження сучасних технологій для оперативного виявлення та передачі інформації про нові мінні загрози.
- Мобільні засоби інформування громадськості. Розробка мобільних додатків та систем сповіщення для швидкого та ефективного інформування громадськості про небезпечні зони.

Враховуючи швидкий темп розвитку технологій у сфері протимінної діяльності, введення сучасних рішень та обладнання є важливим етапом для підвищення

ефективності та безпеки дій під час розмінювання та нейтралізації мін та вибухових пристроїв.

## 2. Система підготовки та тренувань.

### 2.1. Розробка комплексних навчальних програм.

- Адаптовані до реальних ситуацій. Розробка програм, що відображають реальні сценарії мінно-вибухових загроз, з фокусом на навичках розмінювання та виявлення мін.

- Інтерактивні тренування. Використання сучасних технологій для створення інтерактивних симуляцій, що дозволяють фахівцям тренуватися в умовах, які максимально наближені до реальних.

### 2.2. Організація спільних тренувань та сценаріїв.

- Залучення міжнародних партнерів. Організація спільних тренувань з міжнародними партнерами для обміну досвідом та взаємодії у вирішенні мінно-вибухових ситуацій.

- Сценарії загроз різного рівня складності. Розробка різноманітних сценаріїв, включаючи випадки з різним рівнем складності, що дозволить тренувати персонал на різних етапах інциденту.

### 2.3. Використання відкритих площ та моделей.

- Співпраця з місцевими громадами. Організація тренувань на відкритих площах, спільно з місцевими громадами, для реалістичного відтворення умов мінно-вибухових загроз.

- Створення моделей уражених територій. Використання високоточних моделей для створення точних реплік потенційно небезпечних територій для тренувань.

### 2.4. Програми психологічної підготовки.

- Управління стресом та труднощами. Включення в програми тренувань елементів психологічної підготовки для підвищення стійкості та ефективності фахівців в стресових ситуаціях.

- Реальні сценарії тривоги. Організація тренувань з непередбачуваними елементами для підвищення готовності персоналу до реальних ситуацій тривоги.

### 2.5. Система оцінки та підвищення кваліфікації.

- Регулярні тести та оцінки. Проведення періодичних тестів та оцінок з метою визначення рівня підготовленості та визначення областей для подальшого покращення.

- Професійний розвиток. Розробка програм професійного розвитку для фахівців, що передбачають постійне підвищення кваліфікації та оволодіння новими методиками та технологіями.

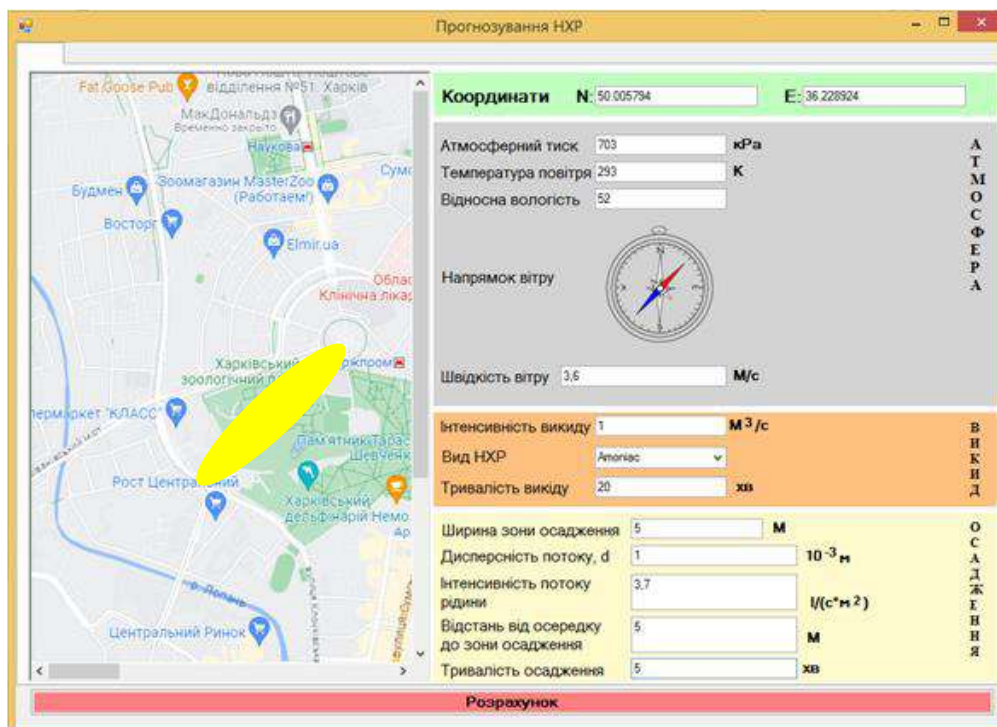
Система підготовки та тренувань в рамках концепції розвитку спрямована на підготовку висококваліфікованого та готового до дії персоналу, який може ефективно взаємодіяти та вирішувати завдання в умовах мінно-вибухової небезпеки. Дана концепція ставить за мету створення системи, яка буде здатна ефективно протидіяти мінно-вибуховим загрозам, забезпечуючи безпеку та захист громадян та інфраструктури.

## РОЗРОБКА ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРІЯХ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ

*Мельниченко А.С., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

З метою забезпечення практичного користування математичною моделлю прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів розроблено методику прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів. Методика реалізована у вигляді програмного продукту «Прогноз НХР» (рис. 1).



**Рис. 1. Інтерфейс програмного комплексу «Прогноз НХР».**

Інтерфейс програмної реалізації розробленої методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів умовно розділений на декілька робочих областей. Найбільшу частину займає інтерактивна карта місцевості, інтегрована із сервісом Google Maps. Це дозволяє оперативно шукати координати епіцентру викиду або навпаки за відомими координатами відображати епіцентр на карті. Координати епіцентру викиду заносяться в окрему область у правій верхній частині інтерфейсу.

Окремим блоком інтерфейсу є блок «Атмосфера» в яку вносяться найбільш значущі метеорологічні параметри атмосфери, такі як температура, тиск, швидкість та напрямок вітру. Ці параметри легко можна отримати із портативної метеостанції або від офіційних представників Державного Гідрометеоцентру.

В окремий блок виведені параметри викиду. З бібліотеки найбільш розповсюджених небезпечних газів оператор може обрати необхідний та занести величину інтенсивності викиду цього газу із технологічного апарату.



Останній блок інтерфейсу призначений для введення параметрів осадження хмари небезпечного газу, а саме ширину зони осадження, інтенсивність та дисперсність водяного потоку, відстань від осередку викиду до початку зони осадження.

Методика працює наступним чином:

1. По прибуттю до місця аварії керівник ліквідації надзвичайної ситуації визначає місце викиду та встановлює його у програмному комплексі «Прогноз НХР» за допомогою інтерактивної карти або координат;

2. Керівник ліквідації надзвичайної ситуації під час проведення розвідки місця аварії за допомогою представника підприємства або спеціального маркування та візуального контролю визначає вид небезпечного газу та оцінює інтенсивність його викиду. Ці данні заносяться до програмного комплексу «Прогноз НХР»;

3. Співробітники штабу за допомогою портативної метеостанції, яка є штатним обладнанням на автомобілях радіаційного та хімічного захисту визначають основні метеорологічні параметри та вносять їх до блоку «Атмосфера» запропонованого програмного комплексу. У випадку відсутності портативної метеостанції, співробітники штабу зв'язуються із оперативним черговим регіонального відділу Державної Гідрометеослужби та дізнаються від нього необхідні данні. В цьому випадку отриманні данні будуть менш точними, так як вони виміряні на найближчому пункті спостереження, а не безпосередньо в зоні аварії;

4. Керівник ліквідації аварії проводить оцінку доступних сил та засобів для проведення осадження небезпечної хмари та при наявності відповідних ресурсів розставляє рятувальників із розпилюючими ми стволами для осадження хмари.

5. Виходячи із кількості розпилюючих стволів та їх тактико-технічних характеристик керівник ліквідації надзвичайної ситуації або відповідальна особа із його штабу визначає параметри осадження та заносить у відповідний блок інтерфейсу програмного комплексу;

6. Після натискання на кнопку «Розрахунок» програмний комплекс автоматично проводить прогнозування та наносить результати на карту;

7. Керівник ліквідації надзвичайної ситуації проводить оцінку результатів прогнозування та приймає управлінське рішення щодо зміни позиції рятувальників, збільшення або зменшення кількості стволів, що подано на осадження та про необхідність проведення евакуації із прилеглих територій.

Таким чином, розроблено програмна реалізація та запропоновано алгоритм роботи з нею, що дозволить використовувати розроблену методику прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій із викидом небезпечних газів практичним працівникам оперативно-рятувальних підрозділів без окремих навичок програмування. Програма «Прогноз НХР» містить блоки «Атмосфера», «Викид», «Осадження» для введення вхідних параметрів та інтерактивну карту місцевості для виведення результатів прогнозування на неї.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кустов М.В., Басманов О.Є., Мельниченко А.С. Моделювання зони хімічного ураження в умовах локалізації надзвичайної ситуації. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків, 2020. Вип. 32. С. 142–157.

## РОЗРАХУНОК ТА МОДЕЛЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ПОЖЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ PYROSIM

*Мироненко А.А.<sup>1</sup>,*

*Бодрик О.О.<sup>1</sup>,*

*Отрош Ю.А.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Моделювання пожежі – це процес визначення можливих зон загоряння та розвитку пожежі в приміщенні, поводження легкозаймистих матеріалів і предметів, які знаходяться на території об'єкта [1]. Таке моделювання зазвичай не проводиться та нехтується, що вкрай не вірно.

Необхідно зауважити, що при розгляді впливу небезпечних чинників пожежі на людину використовують так звані гранично допустимі значення параметрів стану середовища в зоні перебування людей при пожежі. На даний момент провідні країни світу почали використовувати комп'ютерне моделювання розвитку небезпечних чинників пожежі та враховують додатково параметри поведінки людини (в т.ч. різної вікової категорії, з проблемами руху чи обмеженої дієздатності, природнього сезону) «ефект паніки» та інше [2].

Метою досліджень є створення моделі розрахунку процесу поширення небезпечних чинників пожежі та визначення ефективності різних інженерно-технічних, організаційних заходів та засобів, що спрямовані на збільшення довготривалості перебування людей у будівлях та спорудах [3].

PyroSim – це графічний інтерфейс користувача для Fire Dynamics Simulator (FDS). FDS тісно інтегрована в PyroSim. Моделі FDS можуть прогнозувати дим, температуру, чадний газ та інші речовини під час пожеж. Результати цього моделювання використовуються для проектування безпеки будівель перед будівництвом, оцінки варіантів безпеки існуючих будівель, реконструкції пожеж для розслідування після аварій та допомоги у навчанні пожежних.

PyroSim базується на використанні комп'ютерної симуляції, що аналізує поведінку вогню та поширення диму в приміщеннях, а також допомагає швидко та надійно будувати складні моделі вогню, які використовуються інженерами при проектуванні будівель та приміщень.

PyroSim надає чотири редактори для моделі пожежі: 3D-вигляд, 2D- вигляд, навігація та запис.

3D- вигляд дозволяє переглядати та редагувати модель у тривимірному просторі, що дозволить користувачам отримувати об'ємну інформацію про структуру та розташування об'єктів. Можливо досліджувати модель за допомогою різних елементів керування. Також можливо керувати зовнішнім виглядом моделі за допомогою таких параметрів, як плавне затінення, текстури та контури об'єктів. Геометричні елементи також можна змінювати.

2D- вигляд – редактор для роботи із плоскими моделями (плани будівлі, схеми і т.п). Цей режим корисний для швидкого ескізу геометрії, наприклад стін і меблів. Можливо вибрати одну з трьох площин перегляду та виконати багато корисних геометричних маніпуляцій.

Навігаційний редактор допомагає у визначенні маршрутів евакуації та в інших аспектах пов'язаних із безпекою та навігацією.

Редактор запису – можливо згенерувати події пов'язані з пожежею.

Для проведення розрахунку та моделювання небезпечних чинників пожежі із використання програмного забезпечення PyroSim необхідно виконати наступні етапи моделювання пожежі:

- визначення параметрів пожежі: розміри приміщення, матеріали, будівельні конструкції, вентиляційні отвори та інше;
- створення моделі;
- встановлення умов моделювання: температура, тиск, виділення тепла та інше;
- запуск моделі: аналіз результатів (розповсюдження диму, тепловий потік та інші характеристики пожежі).

Використання програмного забезпечення PyroSim в Україні ще не має широкого поширення через відсутність сертифікації даного програмного забезпечення. Хоча, як показує практика європейських країн, програма корисна особливо для забезпечення пожежної безпеки, прогнозування аварій та евакуації людей із приміщень будівель та споруд.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Ромін А.В. Проблемні питання захисту цивільного населення від небезпечних чинників артилерійського та ракетного вогню під час воєнних (бойових) дій : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations» (PES-2022). Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 71–72.
2. Олейник О.С., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В. Проблематика збільшення часу перебування людей в укритті під час бойових дій за допомогою природної вентиляції [Текст] : матеріали Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми пожежної безпеки 2022», («Fire Safety Issues 2022»). Харків: НУЦЗУ, 2022 р. С. 107–108.
3. Олейник О.С., Отрош Ю.А., Ромін А.В. Моделювання поширення небезпечних факторів пожежі за допомогою прикладного програмного забезпечення PyroSim : матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація». Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 69–70.

## ЩОДО ПОРЯДКУ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНЮВАННЯ СПРОМОЖНОСТЕЙ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*Михайлова А.В., к.т.н., ст. дослідник,*

*Слюсар А.А.,*

*Коробкін В.Ф., к.т.н., доцент,*

*Парталян С.А.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Необхідність впровадження та розвитку підходу планування на основі оцінювання спроможностей в секторі безпеки визначена тенденцією євроатлантичного курсу держави, а також обумовлена [1–3].

У зв'язку з цим та в інтересах наукового супроводження імплементації засад планування на основі спроможностей Інститутом державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту було проведено наукові дослідження [4, 5], в результаті чого розроблено [6, 7].

Проте досі існує необхідність визначення шляхів і способів оцінювання окремих спроможностей чи груп спроможностей цивільного захисту, їх відповідності сучасним вимогам та потребам застосування, а також обґрунтування вимог до порядку проведення оцінювання спроможностей у сфері цивільного захисту. З цією метою фахівцями зазначеної установи нині виконується відповідна науково-дослідна робота [8], в результаті чого на сьогодні розроблено відповідний проєкт національного стандарту.

Проєкт ДСТУ встановлює вимоги до принципів, завдань, норм і правил щодо організації оцінювання спроможностей, визначає алгоритм поетапного проведення оцінювання спроможностей стосовно їх відповідності потребам сьогодення і функціонування у майбутньому безпековому середовищі.

Документ складається зі вступу, чотирьох розділів та десяти додатків, а саме: сфера застосування, нормативні посилання, терміни, визначення понять, позначки та скорочення, вимоги/положення щодо об'єкта стандартизації (загальні положення, завдання та призначення оцінювання спроможностей, види оцінювання спроможностей, загальна організація оцінювання спроможностей у сфері цивільного захисту, загальні вимоги до спроможностей, етапи оцінювання спроможностей (організаційно-підготовчий етап (загальні положення, перелік організаційних та організаційно-методичних документів, наказ про проведення оцінювання спроможностей, основний (виконавчий) етап, заключний (підсумковий) етап), виконання етапів проведення огляду спроможностей цивільного захисту (загальні положення, оцінювання стану безпекового середовища (оцінювання сценаріїв, результати оцінювання стану безпекового середовища, визначення та оцінювання спроможностей, визначення потреби у ресурсах, розроблення пропозицій щодо удосконалення існуючої структури об'єкта оцінювання), керівництво проведенням оцінювання спроможностей (загальні положення, орієнтовний склад робочої підгрупи з проведення оцінювання (розподіл обов'язків та відповідальність членів робочої підгрупи), звіт за результатами проведення оцінювання, шляхи реалізації результатів оцінювання спроможностей). Додатки до проєкту ДСТУ мають довідковий характер.

Нині зазначений вище проєкт нормативного документу перебуває на етапі експертування та погодження у ДП «УкрНДНЦ».

Застосування цього стандарту дасть можливість: сформувати єдині підходи до проведення оцінювання спроможностей у сфері цивільного захисту, визначити перелік заходів та послідовність їх виконання; оцінити наявні спроможності для реагування на

виклики і загрози у сфері цивільного захисту, визначити необхідні, перспективні та надлишкові спроможності, а також окремі типи носіїв спроможностей; гармонізувати національний стандарт з нормативними документами інших складників сектора безпеки та оборони.

Таким чином, розроблення порядку проведення оцінювання спроможностей у сфері цивільного захисту шляхом затвердження, впровадження та практичного застосування ДСТУ забезпечить належний рівень проведення оглядів цивільного захисту на основі аналізу спроможностей функціональних та територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту, сил цивільного захисту щодо ефективності та оперативності реагування на ймовірні надзвичайні ситуації, що своєю чергою сприятиме розвитку підходу планування на основі спроможностей в секторі безпеки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про національну безпеку України: Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII // База даних «Законодавство України». ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/2469-19>
2. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 23 грудня 2022 року «Про проведення огляду громадської безпеки та цивільного захисту»: Указ Президента України від 23.12.2022 № 883/2022. База даних «Законодавство України». ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/883/2022#Text>
3. Про внесення змін до Порядку проведення огляду громадської безпеки та цивільного захисту Міністерством внутрішніх справ: Постанова КМ України від 18.07.2023 № 729. База даних «Законодавство України». ВР України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-vnesennia-zmin-do-poriadku-provedennia-ohliadu-hromadskoi-bezpeky-ta-tsyvilnoho-zakhystu-ministerstvom-vnutrishnikh-sprav-i180723-729>
4. Наукове обґрунтування основних функціональних груп спроможностей цивільного захисту та вимог до них для подальшого включення до каталогу спроможностей цивільного захисту («Спроможності ЦЗ»): звіт про науково-дослідну роботу: ІДУ НД ЦЗ, 2021. 598 с.
5. Аналізування вітчизняної й міжнародної нормативно-правової бази та розроблення термінології у сфері визначення та оцінювання спроможностей цивільного захисту («ДСТУ Термінологія – спроможності ЦЗ»): звіт про науково-дослідну роботу: ІДУ НД ЦЗ, 2022. 213 с.
6. ДСТУ 3891:2013. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. 22 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ 9261:2023. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Оцінювання спроможностей цивільного захисту та їхніх носіїв. Терміни та визначення [Чинний від 2024-05-01]. Київ, 2023. 40 с. (Інформація та документація).
8. Спроможності у сфері цивільного захисту та їх оцінювання. Обґрунтування та унормування порядку (алгоритму) проведення оцінювання спроможностей («ДСТУ Оцінювання спроможностей»): технічне завдання на науково-дослідну роботу.

## ВЛАШТУВАННЯ ПУСТОТНИХ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ БЛОКІВ

*Михайловська О.В., к.т.н., с.н.с.*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

В результаті відривання котлованів при влаштуванні фундаментів будинків накопичується значна кількість ґрунтових насипів, переважно глинистих або піщаних матеріалів, виникає потреба їхнього вивезення за межі місця будівництва, на інші території. У той час як ці матеріали можуть стати цінною сировиною для виробництва виробів, необхідних при зведенні споруд, що споруджуються [1].

Перспективним будівельним матеріалом з ґрунтів є ґрунтоцемент – безвипалювальний водостійкий матеріал з невеликою кількістю в'язучої речовини та при необхідності введення різних добавок.

Ґрунтоцемент схожий за компонентним складом та властивостями на ґрунтобетон, однак при його влаштуванні не додають крупний заповнювач. При його виробництві використовують ґрунт майданчика будівництва (глинисті ґрунти) [2, 3].

Ґрунтоцементні покриття у дворах, на присадибних ділянках, пішохідних доріжках, спортивних майданчиках можуть мати товщину 10 см. Якщо покриття призначене для проїзду легкового автомобіля, його товщину збільшують до 13–15 см. Відома технологія влаштування ґрунтоцементного покриття шляхом перекривання ґрунтоцементу тонким шаром (2–4 см) асфальтобетонної суміші. У цьому випадку асфальтобетон буде грати роль захисного шару, а ґрунтоцемент – основного несучого шару покриття.

Маєвська І.В. пропонує виготовлення готових блоків та плит, необпаленої цегли. Щоб збільшити міцність, вироби пропонується обробляти гарячою парою з температурою 100–300 °С. Основною перевагою ґрунтоцементних блоків є низька ціна. Доведено, що при високому вмісті цементу матеріал стає крихким, на його поверхні з'являються тріщини. У свою чергу зайва вода може негативно вплинути на міцність матеріалу [4].

Основна перевага ґрунтоцементу це низька вартість його виготовлення. Адже близько 70 % його складу – це ґрунт майданчика будівництва. Тому такий матеріал найчастіше використовують із метою економії коштів.

Матеріал має безліч позитивних властивостей, серед яких: економічність (ґрунтоцемент один із найдешевших будматеріалів, причому навіть із додаванням додаткових компонентів).

Ґрунтоцемент має високі звукоізолюючі здібності, тому що відмінно поглинає шуми. Матеріал для побутового призначення може бути приготовлений самостійно – для цього не потрібні спеціальні знання чи купівля техніки. Ґрунтоцемент є нешкідливим матеріалом навіть з урахуванням введення до нього різних добавок.

Метою дослідження є запропонувати технологію виготовлення пустотних блоків із ґрунтоцементу, з метою покращення теплоізоляційних характеристик та зміцнення ґрунтоцементних блоків за рахунок додавання золи виносення.

Автором пропонується виготовляти блоки із ґрунтоцементу за такою технологією: цементна суспензія готується в бетонозмішувачі безперервної дії із портландцементу марки 400 в кількості 20 % від маси ґрунту, води. Таким чином отримали «цементне молоко». Потім в розчин додавали та золу-виносення та перемішували. До «цементного молока» з додаванням золи виносення додавали ґрунт (суглинок лесовий) з вологістю 14 %.

Крім того, використовується вода, необхідна для гідратації цементу в суміші, а також з метою досягнення максимального ущільнення ґрунту. При змішуванні ґрунту цемент і вода утворюють щільну пастоподібну суміш, готову до пристрою конструктивного шару і його ущільнення. Після змішування отримана суміш твердне, набирає міцність і перетворюється в матеріал, стійкий до дії вологи.

Запропоновано для формування пустотних блоків із ґрунтоцементу використати форми.

Форми перед набивкою чистити і обтирати піском, щоб готова цегла легко вислизала. Майданчик, на якому проводиться формування, посипати піском та дрібною соломкою. Через 1–3 дні підсохлі блоки можна складати в штабелі. Однак блоки слід періодично зволожувати або зберігати у воді.

Переставна форма-опалубка складається з елементів довжиною 600 мм і висотою 150–200 мм. Ширина регулюється не більше 150–500 мм. Всередину вставляють пустотоутворювачі (на малюнку П) різної форми.

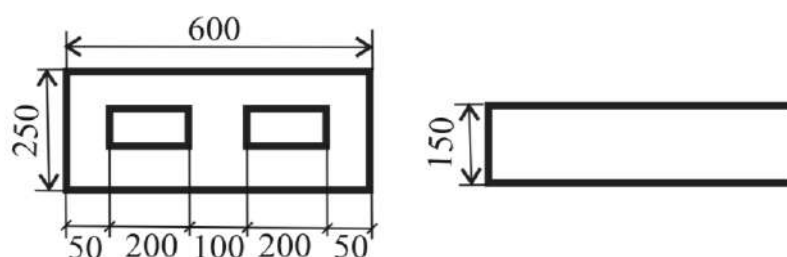


Рис. 1. Загальний вигляд виготовлених блоків із ґрунтоцементу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Savitskiy N.V., Yeliseyeva M.A., Kuz'min G.I., Novichenko N.V., Bardakh A.E., Yevseyev E.A. Prochnost' gruntobetonov zavisit ot sostava smesi. Sbornik nauchnykh trudov stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye. 2015. Vyp. 82. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/bitstream/123456789/3502/1/Savytskyi.pdf>
2. Kyrychek, Yu.A., Komissarov, G.V. (2016). Analiz oblasti pryomenenyya hruntotsementa v heotekhnike [Analysis of soil-cement application in geotechnics]. Budivelni konstruktzii: zb. nauk. Prats [Building constructions: coll. of scient. works]. Kyiv: DP NDIBK. 83. b. 1. 529–538.
3. Majevska, I.V., Ocheretny, V.P., Honcharuk, M.S. (2018). Vyznachennya vplyvu dobavok zoly-vynesennya na vlastyosti gruntotsementu. Innovatsiyni tekhnolohiyi v budivnytstvi. Mizhnarodna n/t konf. VNTU, Vinnytsya. [in Ukrainian]. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2018/paper/view/6020>
4. Savitskiy N.V., Storozhuk N.A., Prikhod'ko A.P. Vremya vozvratit'sya k stroitel'stvu iz samana. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури: зб. наук. пр. Дніпропетровськ, 2011. № 10: Наукові дослідження. С. 4–7.

**ОБГРУНТУВАННЯ ДИНАМІКИ ВИБУХОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ  
НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ***Налисько М.М.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,**Махінько А.О.<sup>1</sup>, аспірантка,**Сопільняк А.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,**Чеберячко Ю.І.<sup>2</sup>, д.т.н., професор*<sup>1</sup>*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,*<sup>2</sup>*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

При проектуванні будівель та споруд зібрання навантажень здійснюється згідно ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». Вибухові навантаження в цьому нормативі віднесено до спеціальних видів та їх значення пропонується визначати галузевими рекомендаціями, а саме ДБН В.2.2-5-2023 «Захисні споруди цивільного захисту». Цей норматив визначає схеми навантаження будівельних конструкцій у разі впливу на них ударної повітряної хвилі (УПХ). Визначені в цьому документі схеми навантаження мають деякі недоліки. Вони впливають з тієї позиції, що УПХ яка створює вибухове навантаження розглядається як результат підривання ядерного боєзаряду, радіус сфери поширення фронту такої УПХ значно перевищує розміри будь-якої споруди, тому це навантаження діє на всю конструкцію одночасно, і виходячи з цього, її розглядають як квазістатичне з використанням коефіцієнтів динамічності, які підвищують розрахункове статичне завантаження на конструкцію.

У сьогоденнішніх умовах такий підхід не зовсім відповідає дійсності: по-перше, вибухи ракетних та артилерійських зарядів мають більш локальний вплив на конструкцію, по-друге (що випливає з першого), виникає нерівномірне, суто динамічне навантаження на конструкцію яке недоцільно спрощувати. Також довжина хвилі УПХ від вибуху конденсованої вибухової речовини така, що створює динамічне навантаження, час дії якого, як правило пропорційне частоті основного тону власних коливань конструкцій  $\omega$ , що визначається рухом конструкції в стадії пружних деформацій. Таким чином, динаміка впливу може визначатись як і резонансними ефектами коливання конструкції так і за рахунок пересування фронту УПХ по поверхні конструкції.

У сучасних методах розрахунку будівельних конструкцій на міцність та стійкість, для визначення вихідних даних потрібно знати динаміку зміни навантаження у системі «час-координата», що задається табличними значеннями або у вигляді навантажувальної кривої  $P = f(t)$ . Такий режим розрахунку можна було б використовувати, наприклад, у комплексі ЛІРА-САПР (рис.1).

Але існуючі методики інженерного розрахунку дозволяють вирішити тільки стаціонарну задачу – визначати просторове поле навантажень від дії вибуху (1).

$$\Delta P_{\Phi} = 106 \frac{\sqrt[3]{Q_{e\Phi}}}{R} + 430 \left( \frac{\sqrt[3]{Q_{e\Phi}}}{R} \right)^2 + 1400 \left( \frac{\sqrt[3]{Q_{e\Phi}}}{R} \right)^3 \quad (1)$$

Для визначення динаміки вибухового навантаження поставлено завдання розробити методику визначення просторово-часової залежності зміни надлишкового тиску у площині будівельної конструкції у момент дії на неї УПХ.



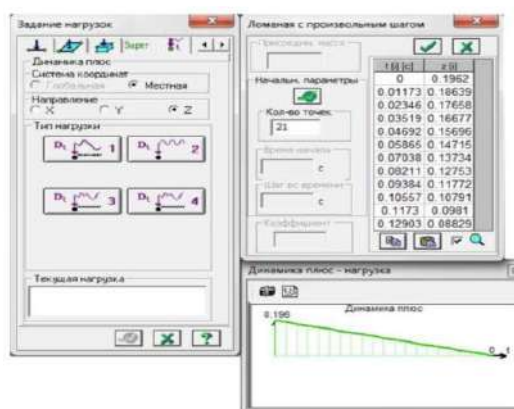


Рис. 1. Вікно ЛІРА-САПР, динаміка вибухового навантаження у системі «час-тиск».

Задача прогнозування динаміки вибухового навантаження на будівельну конструкцію (наприклад, перекриття заглибленого укриття) вирішено шляхом сумісного рішення рівняння просторового розподілу надлишкового тиску у фронті УПХ (1) та залежності часу дії УПХ від швидкості просування її фронту, яку можна виразити рівнянням (2).

$$dt = \frac{l}{v} dv; \quad (2) \quad t = \int_{v_1}^{v_2} \frac{l}{v} dv. \quad (3)$$

Оскільки швидкість УПХ постійно змінюється, рівняння (2) має диференційний вигляд, а його рішення (3) встановлено на тому припущенні, що одночасна дія УПХ на поверхні будівельної конструкції відбувається на площі яка обмежена довжиною фронту ударної хвилі. На підставі цього розроблена графо-аналітична методика визначення просторово-часової залежності зміни надлишкового тиску у площині будівельної конструкції у момент дії на неї УПХ. Ця залежність встановлюється у вигляді таблиці або графіка який є навантажувальною кривою (наприклад, табл. 1).

Таблиця 1. Координатно-часова динаміка вибухового навантаження перекриття  $\Delta P_{\phi}$ , кПа, при поширенні УПХ від заряду 6,6 кг на відстані 5 м

$m \backslash ms$	5	11	18	25	32	39	46	53	60	67	74	81	88	95
3	165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	105	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	95	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15

## ЛІТЕРАТУРА

- Nalisko, M., Sobolev, V., Rudakov, D., Bilan, N. (2019). Assessing safety conditions in underground ex-cavations after a methane-air mixture explosion. E3S Web of Conferences. 123. 01008. Ukrainian School of Mining Engineering – 2019. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301008>
- Ромашкіна М.А. Чисельне дослідження напружено-деформованого стану цегляного житлового будинку при запроектних впливах. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. Зб. наук. праць. Дніпро. ПДАБА, 2018. Вип. 81. С. 168–176.

## КОНЦЕПЦІЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ТА ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ПОЇЗДА-КУХНІ

*Некора В.С.,  
Ніжник В.В., д.т.н., професор,  
Балло Я.В., к.т.н., ст.дослідник,  
Голікова С.Ю.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Враховуючи умови активних бойових дій, є необхідність у впровадженні нових рішень для питань, що стосуються зокрема деокупованих територій і забезпечення всім необхідним мешканців, які там проживають. Одне з таких рішень є створення «Укрзалізницею» автономного Поїзда-кухні, який заступає на чергування в прифронтових районах з ушкодженою інфраструктурою для надання послуг харчування постраждалому населенню.

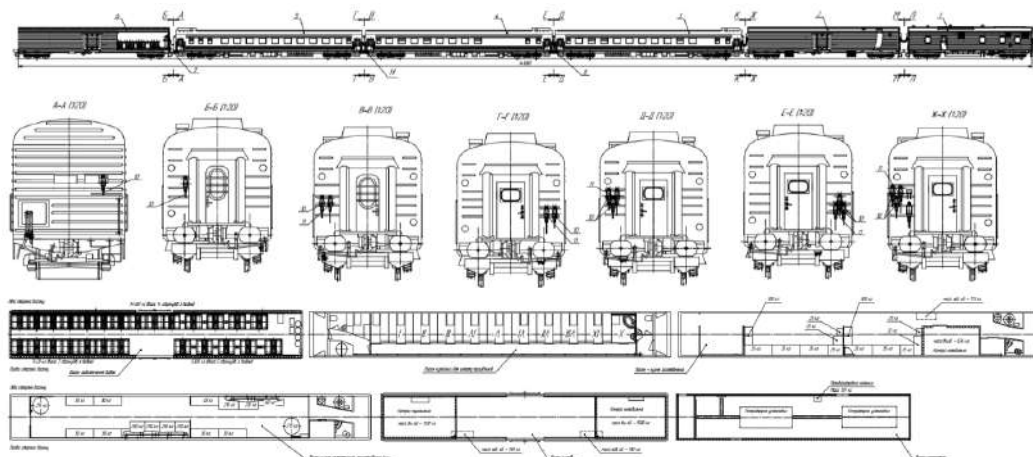
Такий залізничний поїзд є новим для України, і на сьогоднішній день він проходить тестування і фактично готовий вирушити в будь-яку точку країни, щоб якісно та оперативно надавати допомогу українцям на територіях із серйозними пошкодженнями логістичних шляхів та критичної інфраструктури (електромереж, газ- й водопостачання) в наслідок воєнних дій. Але є необхідність врахувати усі ризики, пов'язані з можливістю виникнення надзвичайних ситуацій на даному об'єкті під час його функціонування, зокрема необхідно забезпечити протипожежний захист об'єкту. Враховуючи унікальність об'єкту, фахівцями ІДЦ НД ЦЗ розроблена індивідуальна концепція протипожежного захисту, яка спрямована на забезпечення основних вимог пожежної безпеки, удосконалення нормативно-правової бази, зокрема в частині обмеження поширення вогню та диму на об'єкті, а також на суміжні споруди і прилеглі території; забезпечення евакуації людей та персоналу із Поїзда-кухні або їх рятування в інший спосіб та забезпечення безпечної безпеки пожежно-рятувальних підрозділів для можливості діяти з прийнятним рівнем ризиків. Також важливим аспектом є забезпечення протипожежного режиму для організаційних заходів, а саме забезпечення протипожежного режиму, коли сотні людей знаходяться в безпосередній близькості від Поїзда-кухні в очікуванні на гуманітарну допомогу.

Концепцію щодо забезпечення протипожежного захисту Поїзда-кухні розроблено відповідно до діючих в Україні нормативних та нормативно-правових документів з питань пожежної безпеки, та направлено на врахування основних вимог [1–4] з врахуванням сучасних вимог пожежної безпеки, функціональної особливості Об'єкту та забезпечення протипожежного захисту Об'єкту.

Поїзд-кухня складається з наступних складових одиниць:

- вагон-генератор (1 од.);
- вагон-склад (1 од.);
- вагон кухня остаточного приготування їжі (1 од.);
- вагон-кухня заготівельна (1 од.);
- вагон купейний для штату працівників (1 од.);
- вагон забезпечення водою Поїзду-кухні (1 од.);

Загальний вигляд залізничного складу Поїзду-кухні, а також його основні функціональні складові наведено на рисунку 1



**Рис. 1. Загальний вигляд складальних елементів Поїзду-кухні.**

Для забезпечення пожежної безпеки до складових одиниць Об'єкту Матеріали та покриття внутрішнього оздоблення (опорядження) вагонів, що застосовують під час модернізації Поїзду-кухні для вагону-генератора, вагону-складу та вагону забезпечення водою Поїзду-кухні за показником пожежної небезпеки повинні бути негорючі матеріали за [5, 6]. Для вагону-купейного для штату працівників, вагону-кухні остаточного приготування їжі та вагону-кухні заготівельної за показником пожежної небезпеки рекомендовано використовувати матеріали за групою горючості не нижче ніж важкогорючі, коефіцієнт димоутворення Д1, Д2; показник токсичності горіння Т1, Т2; індекс поширення полум'я П1, П2, згідно з номенклатурою показників пожежо-вибухонебезпечності та класифікація речовин і матеріалів за [5, 6]. Для підлоги вагонів слід застосовувати тільки негорючі матеріали.

Враховуючи інтенсивність експлуатації кухонного обладнання та небезпеку займання жиру, передбачено, що над місцями кухонного обладнання для гарячого приготування їжі слід передбачати системи локального автономного пожежогасіння призначеного для гасіння пожеж класу F.

Системи пожежної сигналізації, автоматичного пожежогасіння, оповіщення про пожежу та керування евакуюванням людей, аварійного освітлення, та інші інженерні системи й технологічне обладнання, що не входять до складу систем протипожежного захисту, але пов'язані з убезпеченням людей в разі виникнення пожежі та інших надзвичайних ситуацій слід забезпечити живлення від двох незалежних джерел, а саме від електрогенеруючого обладнання Об'єкту та його акумуляторів.

Особливістю Поїзду-кухні є наявність вагону із електрогенеруючим обладнанням, яке працює на дизельному паливі, яке зберігається у додатково встановлених паливних баках. Дана частина поїзду є важливим елементом, який забезпечує безперебійне живлення та функціонування всіх систем та кухонного обладнання, проте разом із цим має найбільшу пожежонебезпеку. Таким чином передбачено, що у вагоні-генераторі приміщення де розміщується електрогенеруюче обладнання слід забезпечити автоматичною системою пожежогасіння з кріпленням на стіні або стелі та масою заряду, що забезпечує гасіння всього об'єму даного приміщення. При цьому, приміщення з розподільчими електрощитами вагону-генератора слід обладнати системою автоматичного або автономного газового пожежогасіння.

Передбачається, що паливний бак електрогенеруючої установки (дизель-генератора) повинен мати пожежобезпечну систему заміру рівня горючої рідини і бути обладнаний системою аварійного перекидання подачі палива до електрогенератора. В приміщенні вагону-генератора розміщуються схеми технологічного розведення трубопроводів, розміщення насосів, вентилів, фільтрів із зазначенням їх призначення, а також інструкцією щодо аварійного відключення електрогенеруючої системи.

Для забезпечення обмеження поширення можливої пожежі, у вагоні-генераторі перегорода, яка відокремлює відсік вагону з генераторами та паливороздавальною колонкою від відсіку з електрощитовим обладнанням повинна бути з класом вогнестійкості не менше EI 30 без прорізів. Відсік вагону з дизельними електрогенераторами та паливороздавальною колонкою повинен бути обладнаний механічною припливно-витяжною вентиляцією для забезпечення подачі чистого повітря та видалення небезпечних газів, пилу та парів.

Висота та ширина у просвіті евакуаційних виходів (дверей), проходів та шляхів евакуації повинні бути не менше за 1,9 м у висоту та 0,5 м у ширину, двері евакуаційних виходів з проходів вагонів та інші двері на шляхах евакуації мають вільно відчинятись зсередини без ключа у разі пожежі.

Для забезпечення належного протипожежного захисту необхідно забезпечити об'єкт системою пожежної сигналізації, системою оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей. Система протипожежного захисту повинна бути виконана єдиною для всього Поїзду-кухні для можливості контролювання стану системи з одного приймально-контрольного приладу (ППКП), встановленого в службовому вагоні (вагону-купейного для штату працівників). Система пожежної сигналізації повинна мати ієрархічну структуру і забезпечувати роботу блоків в автономному режимі.

Таким чином, дана концепція є актуальною і важливою для такого унікального об'єкту соціального призначення як Поїзд-кухня, що призначений для надання послуг харчування населенню на щойно деокупованих територіях України. Її реалізація дозволить забезпечити належні безпечні умови користування, зокрема забезпечення пожежної безпеки об'єкту для попередження виникнення та мінімізацію наслідків у випадку виникнення пожежі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.2-7:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Наказ від 30.12.2021 № 366. ДНДІБК, 2021 р., 16 с.
2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Наказ про затвердження від 31.10.2016 № 287. УкрНДІЦЗ, 2016 р., 49 с.
3. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Наказ від 13.11.2014 р. № 312. ВГО «Український союз пожежної та техногенної безпеки», 2014 р., 134 с.
4. НАПБ В.01.010-2009/510. Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті. Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України. Наказ від 21.12.2009 № 1322. Дата початку дії: 01.08.2010.
5. ДСТУ 4049-2001. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки. Наказ від 29.08.2001 № 432. УкрНДІВ, 2001 р., 22 с.
6. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. Наказ від 27.02.2019 № 38. ТК 25, 2019 р., 78 с.
7. Закон України від 05.11.2009 № 1704-VI Про будівельні норми. Верховна Рада України. З останніми змінами, внесеними Законом від 12.05.2022 № 2254-IX.
8. ДСТУ 9058:2020. Пожежна безпека. Визначення протипожежних відстаней між об'єктами розрахунковими методами. Основні положення. Наказ від 06.10.2020 № 244 «Про прийняття національних стандартів».

## СТАН ІЗ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ ТА НАСЛІДКАМИ ВІД НИХ В УКРАЇНІ ЗА 2023 РІК

*Несенюк Л.П.<sup>1</sup>,  
Савченко О.В.<sup>1</sup>,  
Кропотов П.П.<sup>2</sup>*

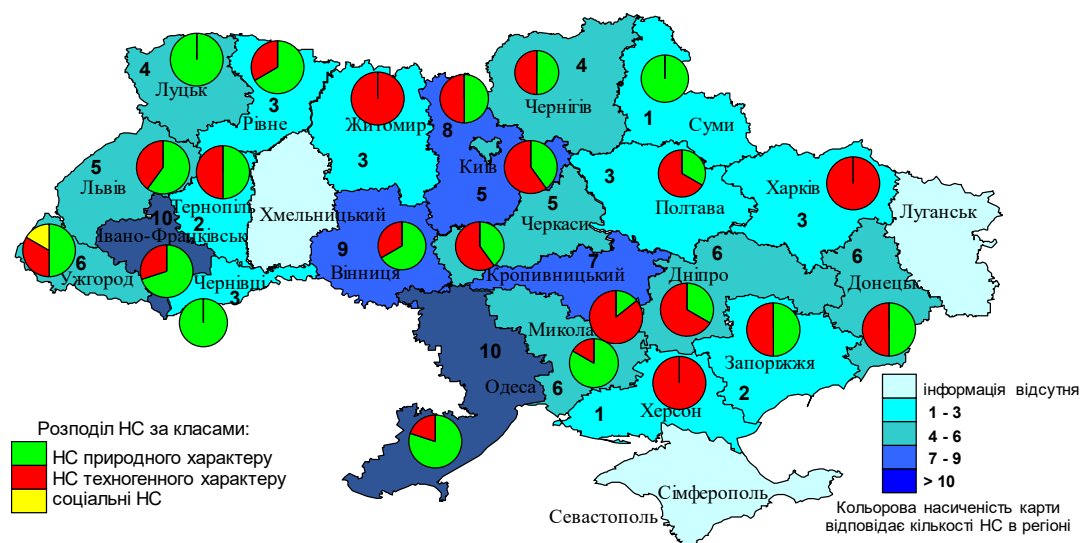
<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,

<sup>2</sup>Департамент запобігання надзвичайним ситуаціям

Облік надзвичайних ситуацій (далі – НС) ведеться з метою отримання об'єктивних даних для оцінки стану техногенної і природної безпеки на території держави, її регіонів, населених пунктів та на об'єктах, проведення аналізу причин та умов виникнення надзвичайних ситуацій, їх прогнозування, розроблення запобіжних заходів [1].

Впродовж 2023 року в Україні зареєстровано 109 НС, які розподілились таким чином: техногенного характеру – 48; природного характеру – 60; соціального характеру – 1. За масштабами 4 НС набули державного рівня; 5 НС – регіонального рівня; 53 НС – місцевого рівня та ще 47 – об'єктового рівня [2]. Унаслідок цих НС загинуло 159 осіб (з них 24 дітей) та 884 особи постраждало (з них 247 дитини).

На рисунку 1 наведено розподіл кількості НС, що виникли в регіонах України у 2023 році.



**Рис. 1. Розподіл кількості НС, що виникли в регіонах України у 2023 році.**

За видами у 2023 році, порівняно із 2022 роком, спостерігається збільшення кількості медико-біологічних НС (більш ніж удвічі), НС, пов'язаних із пожежами в природних екосистемах (у 2 рази), НС унаслідок аварій в системах життєзабезпечення (на 60 %), НС на транспорті (на 50 %), метеорологічних НС (на 25 %), натомість на 5 % зменшилася кількість НС техногенного характеру, пов'язаних із пожежами. Також, на відміну від 2022 року, у звітному 2023 році зареєстровано гідрологічні НС, НС унаслідок раптового руйнування будівель та споруд, гідродинамічні НС, НС в енергетичних системах та НС, пов'язані з наявністю у навколишньому середовищі шкідливих і радіоактивних речовин понад ГДК.

У 2023 році спостерігалось збільшення кількості загиблих (на 32,5 %) та постраждалих в НС (майже в 7 разів). Збільшення загиблих в НС сталося через зростання їх частки в НС, пов'язаних з пожежами (вибухами), раптовим руйнуванням будівель та споруд, а також внаслідок НС, пов'язаної із підривом рф греблі Каховської гідроелектростанції. Зростання майже в 7 разів кількості постраждалих в НС сталося через збільшення їх частки в НС, унаслідок інфекційних захворювань людей (зокрема лише унаслідок спалаху захворюваності на гепатит А у м. Вінниці госпіталізовано 343 особи, з них 62 дитини) та НС на транспорті.

Аналіз статистичних даних щодо кількості загиблих і постраждалих в НС за попередні 5 років свідчить, що кількість загиблих та постраждалих в НС у звітному році не перевищує їх середні значення.

Дані щодо загиблих та постраждалих наведені без урахування їх кількості в НС державного рівня воєнного характеру, яка зареєстрована 24 лютого 2022 року унаслідок широкомасштабної збройної агресії рф проти України. Станом на 1 січня 2024 року розвиток зазначеної НС триває. За оперативними даними внаслідок цієї НС загинуло 10 тис. 158 цивільних осіб (з них 570 дітей), 18 тис. 945 цивільних поранені (з них 1235 дітей). Окупантами зруйновано та пошкоджено понад 214 тисяч об'єктів інфраструктури, зокрема: 8 тис. 642 об'єкти життєзабезпечення, 1 тис. 592 об'єкти транспортної інфраструктури, 3 тис. 679 закладів освіти, 1 тис. 569 закладів охорони здоров'я, 185 тис. 392 житлові будинки, 889 адміністративних будівель, 12 тис. 310 інших (не військових) об'єктів. ДСНС здійснено 131 тис. 721 виїзд на ліквідацію наслідків обстрілів населених пунктів, врятовано 4 тис. 522 особи, ліквідовано 17 тис. 391 пожежу, підвезено понад 14 тис. 160 тонн продуктів харчування та 139 тис. 860 тонн питної і технічної води, забезпечено аварійним електроживленням 2 тис. 416 об'єктів соціальної сфери, надано психологічну допомогу 233 тис. 667 особам та евакуйовано більше 2 млн. 800 тис. осіб. З початку широкомасштабного військового вторгнення рф на територію України станом на 01.01.2024 виявлено, вилучено і знешкоджено 465 тис. 445 од. вибухонебезпечних предметів та обстежено територію площею 113 тис. 506 га (з них понад 510 га очищено за допомогою машин механізованого розмінування).

У регіональному розрізі найбільшу кількість НС упродовж 2023 року зареєстровано на території Івано-Франківської та Одеської областей – по 10 НС, 9 НС обліковано на території Вінницької області, 8 НС – у Київській області, 7 НС на території Кіровоградської області. По 6 НС виникло у Дніпропетровській, Донецькій, Закарпатській та Миколаївській областях. У м. Києві, Львівській та Черкаській областях зафіксовано по 5 НС, у Волинській та Чернігівській областях – по 4 НС. По 3 НС класифіковано у Житомирській, Полтавській, Рівненській, Харківській та Чернівецькій областях. У Запорізькій та Тернопільській областях зареєстровано по 2 НС, на території Сумської та Херсонської областей зареєстровано по одній НС.

Порівняно з 2022 роком, загальна кількість НС у 2023 році збільшилася на 65,2 %, при цьому зафіксовано збільшення кількості НС техногенного (на 45,5 %) і природного (в 2 рази) характеру. Проте, враховуючи динаміку виникнення НС упродовж останніх 5 років, кількість НС, що виникла у звітному році знаходиться в межах мінімальних значень, і однією з найменших за період спостережень починаючи з 1997 року.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 09.10.2013 № 738 «Про затвердження Порядку ведення обліку надзвичайних ситуацій».

2. ДК 019:2010. Класифікатор надзвичайних ситуацій, затверджений Наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010 № 457 «Про затвердження та скасування національних класифікаторів».

**ОЦІНКА РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ***Осьмачко О.О.<sup>1</sup>, к.т.н.,**Михайловський О.І.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,**<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Київській області*

На об'єктах підвищеної небезпеки постійно знаходяться небезпечні речовини, які під час аварії можуть потрапити за межі об'єкта та нанести шкоду навколишньому середовищу та травмування людям. Інколи травмування, без вчасної медичної допомоги, приводить до загибелі людей. Таким чином мета підвищення ефективності запобігання техногенної аварії та її вплив на прилеглу територію та ліквідації наслідків. Тому необхідно проводити оцінку техногенної безпеки прилеглих територій та виходячи з цього проводити належні заходи по захисту навколишнього середовища, а якщо об'єкт підвищеної небезпеки поруч з житловою зоною, та навчання населення діям при техногенній аварії на об'єкті.

Техногенна ситуація залежить від багатої кількості різнорідних та суперечливих фізичних та економічних критеріїв [1]. Які вимірюються різними фізичними величинами та в різних діапазонах, а також мають різний бажаний екстремум (max. min). В такому разі для оцінки техногенної безпеки можна використовувати багатокритеріальний аналіз з нормалізацією критеріїв шляхом введення безрозмірної функції корисності. Таким чином кожен показник буде змінюватися від нуля до одиниці та можна буде їх об'єднати в одну математичну модель.

Залежно від особливостей параметрів техногенної безпеки території та результатів формалізації можна виділити кілька підходів до оцінки та прийняття єдиного рішення в умовах багатокритеріальності [2]. Велика група схем компромісу заснована на принципі максимальної адитивної корисності приватних критеріїв, тобто на можливості компенсації значень одних приватних критеріїв значеннями інших. Деякі функції корисності приватних критеріїв можуть набувати навіть нульових значень. В цьому випадку при відомих значеннях вагових коефіцієнтів приватних критеріїв та їх функцій корисності можна провести оцінку техногенної безпеки території. Використовуючи уніфіковані критерії та їх вагові коефіцієнти для різних об'єктів можна проводити порівняльний аналіз рівнів техногенної безпеки.

Уніфікація приводить до можливості розробки типових рішень дій при різноманітному розвитку наслідків техногенної аварії на об'єкті підвищеної небезпеки. В свою чергу для запобігання та ліквідації наслідків таких аварій зручніше використовувати матеріальні та людські резерви [3]. Приймаючи до відома статистичні данні про аналогічні небезпечні об'єкти розробляються типові заходи, що скорочує час на прийняття рішення вибору засобів та методів ліквідації наслідків техногенної аварії на початку ліквідації. Скорочується час на ліквідацію наслідків і таким чином знижується негативний вплив на навколишнє середовище та зменшується ймовірність травмування та загибелі людей.

Можна виділити основні показники, за якими проводити оцінку рівня техногенної безпеки території: фізичні - клас об'єкту підвищеної небезпеки; загальна маса небезпечних речовин (т); радіус негативного впливу на навколишнє середовище (м), або площа ураження (м<sup>2</sup>), якщо на розповсюдження небезпечної речовини, або наслідків її горіння впливає вітер; ймовірність травмування людей (кількість чоловік); час, необхідний для ліквідації наслідків (год); швидкість поширення зони ураження (хв); кількість людей з особливим досвідом для локалізації наслідків (кількість чоловік);

кількість людей допоміжного персоналу (кількість чоловік); економічні - затрати на локалізацію наслідків (грн.); затрати на повну ліквідацію наслідків (грн.); затрати на відновлення функціонування, якщо це можливо, об'єкта підвищеної небезпеки (грн).

Переходимо від показників до визначення критеріїв: мінімальний клас об'єкта підвищеної небезпеки; мінімальна загальна маса небезпечних речовин; мінімальний радіус негативного впливу на навколишнє середовище, або мінімальна площа ураження; мінімальна ймовірність травмування людей; мінімальний час, необхідний для ліквідації наслідків; мінімальна швидкість поширення зони ураження; мінімальна кількість людей з особливим досвідом для локалізації наслідків; мінімальна кількість людей допоміжного персоналу; економічні - мінімальні затрати на локалізацію наслідків; мінімальні затрати на повну ліквідацію наслідків; мінімальні затрати на відновлення функціонування об'єкта підвищеної небезпеки. На визначені критерії накладаємо обмеження з урахуванням фізичних законів, соціальних можливостей та можливостей використання матеріальних та людських резервів. В даному випадку всі критерії прагнуть до мінімуму, тому оцінка рішень проводиться по узагальненому критерію, який використовує тільки пошук мінімальних екстремумів.

Записані критерії, обмеження, вагові коефіцієнти в математичному вигляді представляють собою математичну модель яка відноситься до завдань лінійного багатокритеріального дискретного програмування булевими змінними. Для її вирішення пропонується метод гілок і меж при малій розмірності задачі або метод випадкового пошуку екстремуму при великій розмірності задачі. Розроблена таким чином математична модель вибору оцінки рівня техногенної безпеки території відрізняється від відомих багатокритеріальністю та дозволяє підвищити ефективність та оперативність прийнятих рішень при ліквідації наслідків аварії, зменшення травмування людей та ефективність використання матеріальних та людських ресурсів.

Поставлена мета досягається розробкою математичної моделі багатокритеріального аналізу та розробкою типових рішень для запобігання техногенної аварії і ліквідації її наслідків. Типові рішення допомагають зробити ефективнішим використання матеріальних та людських ресурсів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 № 368 «Порядок класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями».
2. Файнзільберг Л.С., Жуковська О.А., Якимчук В.С., Теорія прийняття рішень, К.: Освіта України, 2018. 246 с.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 30.09.2015 № 775 «Про затвердження Порядку створення та використання матеріальних резервів для запобігання і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій».



**БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА ОЦІНКА ЛЕГКОСКИДНИХ КОНСТРУКЦІЙ***Осьмачко О.О., к.т.н.,**Морозова А.В.**Національний університет цивільного захисту України*

При наявності в технологічному процесі на виробництві чи зберігання в складських будівлях горючих газів (ГГ) та легкозаймистої рідини (ЛЗР) треба максимально забезпечити безпеку будівлі та людям, які в ній працюють. При наявності ГГ, або ЛЗР завжди є ймовірність вибуху. При вибуху, через надлишковий тиск, руйнується основна конструкція, що приводить до обвалу всієї будівлі; швидко поширюється пожежа. Щоб локалізувати та загасити пожежу ЛЗР треба використовувати спеціальні засоби пожежогасіння та мати досвід їх використання. Для гасіння необхідно викликати аварійно-рятувальну службу. До її приїзду може пройти до десяти хвилин часу. При великій швидкості розповсюдження полум'я за цей час може палати вся будівля, а також полум'я може перекинутися на сусідні будівлі. Щоб уникнути цього використовують легкоскидні конструкції (ЛСК). При вибуху ЛСК руйнуються та весь підвищений тиск та ГГ скидаються через утворений отвір. Завдяки цьому іде мінімальне навантаження на основну конструкцію будівлі і вона залишається не ушкодженою, полум'я в середину будівлі не поширюється. В результаті наслідки пожежі та збитки після неї мінімальні.

Протягом розвитку та удосконалення будівельних конструкцій розроблялись різноманітні ЛСК та використовувались різні матеріали для їх виготовлення. Аналізуючи [1-2] велику кількість конструкцій ЛСК та матеріалів становиться складно обрати необхідну конструкцію ЛСК, яка буде враховувати фізичні, економічні показники та відповідати вимогам пожежної безпеки. Щоб ЛСК відповідала вимогам пожежної безпеки її параметри потрібно розраховувати за ДСТУ 9176:2022 «Пожежна безпека. Методи визначення параметрів легкоскидних конструкцій для вибухопожежонебезпечних приміщень та будинків. Основні положення.» При оцінюванні економічних показників також треба враховувати, що ЛСК це одноразова конструкція і після спрацювання вона рятує будівлю, але сама повністю руйнується.

Для прийняття рішення по оцінці та вибору необхідній ЛСК треба використовувати багатокритеріальний аналіз [3]. Задача оцінки та вибору оптимального рішення в багатокритеріальній ситуації полягає в ранжируванні можливих рішень по безлічі приватних критеріїв, що дозволяють ранжувати альтернативи, що допускаються, тільки на безлічі підлеглих рішень, тобто, коли критерії не суперечливі. Як правило, критерії є суперечливими, неоднорідними, мають різні одиниці та діапазон вимірювання, а також значення екстремумів (max, min), то передбачається їх нормалізація шляхом введення безрозмірної функції корисності приватних критеріїв. При відомих значеннях вагових коефіцієнтів приватних критеріїв та їх функцій корисності оцінка проектних рішень та вибір найкращого проводиться за узагальненим критерієм.

До показників функціональності ЛСК можна віднести: площа ЛСК ( $m^2$ ), вага ЛСК (кг), надійність, значення надлишкового тиску спрацювання ЛСК (Па), небезпечність матеріалів, з яких виробляється ЛСК, під час вибуху, час необхідний для заміни ЛСК (год.). Також до економічних показників: собівартість ЛСК (грн.), вартість заміни ЛСК після вибуху (грн.). Данні показники різноманітні - мають різні одиниці вимірювання та діапазони, в яких вони змінюються. Також економічні критерії повинні спрямовуватися до мінімуму, а такі показники, як надійність, небезпечність матеріалів

при вибуху будуть спрямовуватися до максимуму.

Оцінку і вибір ЛСК проводимо на основі критеріїв: мінімальна площа ЛСК, мінімальна вага, максимальна надійність, мінімальний надлишковий тиск спрацьовування, максимальна небезпечність матеріалів, мінімальний час для заміни ЛСК, мінімальна собівартість ЛСК, мінімальна вартість заміни ЛСК після вибуху. Накладаємо обмеження по кожному критерію. Мінімальне та максимальне значення кожного показника. Особливо, площа ЛСК не може бути меншою від розрахункової за ДСТУ 9176:2022.

Критерій різнорідні та суперечливі то робиться їх нормалізація шляхом запровадження безрозмірної функції корисності приватних критеріїв виду:

$$R_j(K_j) = \frac{k_j - k_{нг}}{k_{нк} - k_{нг}}, \quad (1)$$

де  $k_j$  – поточне значення  $j$ -го частого критерію;

$k_{нг}$  – найгірше значення  $j$ -го частого критерію;

$k_{нк}$  – найкраще значення  $j$ -го частого критерію.

Проводиться ранжування критеріїв за визначеними коефіцієнтами вагомості кожного з них. Сума всіх коефіцієнтів  $\lambda_j$  вагомості дорівнює одиниці.

Оцінка проектних рішень  $x \in X$  та вибір найкращого  $x^0$  проводиться за узагальненим критерієм виду:

$$W'(x^0) = \max_{x \in X} \sum_{j=1}^j \lambda_j R_j(x), \quad \sum_{j=1}^j \lambda_j = 1. \quad (2)$$

Підставляючи данні по кожному критерію побудуємо математичну модель вибору ЛСК з заданими параметрами. Таким чином можна оцінити та обрати необхідну ЛСК, яка буде максимально відповідати всім суперечливим критеріям з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Використання методу багатокритеріального аналізу для оцінки та вибору серед множини готових рішень зменшує вплив людського фактору та дає обґрунтоване рішення, яке максимально буде відповідати потребам функціональності та мати мінімальні затратні показники та зменшує час на проектування всієї будівлі чи споруди в якій зберігається ГГ або ЛЗР.

Метод багатокритеріальної оцінки поширюється на новий клас об'єктів - оцінка та вибір ЛСК за декількома суперечливими критеріями з урахуванням значущість кожного з них за допомогою вагових коефіцієнтів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Крамарчук А.П., Б.М. Ільницький, Т.В. Бобало, Будівельні конструкції, Львів: Львівська політехніка, 2016. 200 с.
2. Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В., Конструкції будівель і споруд, К.: Ліра-К, 2021. 880 с.
3. Файнзільберг Л.С., Жуковська О.А., Якимчук В.С., Теорія прийняття рішень, К.: Освіта України, 2018. 246 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ МЕТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Останов К.М., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Будь-яка виробнича або робоча одиниця, що знаходиться в будівлі, більш - менш насичена технічним обладнанням, яке включає металеві та неметалеві конструкції та насичена кабелями та проводами електроживлення. Природно, що тут є повітря, люди, горючі та мастильні матеріали та джерела можливого запалювання. Тобто, існує так званий класичний трикутник пожежі плюс людський фактор.

Час втрати несучої здатності комплексу конструкцій виробничої одиниці при пожежі залежить більш за все від теплофізичних властивостей матеріалу будівельних елементів, їх конструктивних особливостей. Будівельні конструктиви (панелі, ферми, перекриття та ін.), з урахуванням ступеня пожежної стійкості будівель та споруд і згідно вимог пожежної безпеки, повинні забезпечувати нормативну ступень вогнестійкості різними способами. Одним з відносно ефективних способів підвищення пожежної стійкості різноманітних будівельних конструкцій є використання покриттів, що надійно адгезують з металом, спучуються при нагріві, ізолюючи від тепла та припиняючи потрапляння кисню до осередку пожежі – стають на заваді розповсюдженню полум'я. Покриття, без суттєвого збільшення товщини найбільш навантажених елементів конструкцій, без будь-яких змін дизайну будівлі повинні відповідати вимоги пожежної безпеки [1].

На сьогодні для захисту від пожеж дерев'яних і металевих будівельних конструкцій існує багато традиційних і нових вогнезахисних заходів та речовин [2] таких, як: покриття поверхонь складами (композиціями), що спучуються при пожежах (пасивний протипожежний захист). А також – покриття іншими складами речовин типу гелеутворюючих [3], які найбільш ефективні при оперативній роботі пожежних (активний протипожежний захист, під час гасіння).

На сьогодні є ряд вогнестійких покриттів протипожежного захисту, які займають провідне місце при застосуванні в практиці пасивного захисту елементів будівель. В роботах [1-3] ті, які найбільш розповсюджені, докладно описані, як покриття для поверхонь будівельних конструкцій таких, як: стійки, балки, ригелі та ін. Ряд вогнестійких покриттів постійно поповнюється більш ефективними та не дуже коштовними засобами. Таким чином, дослідження, що присвячено поповненню цього ряду покриттів, що адгезують з металом можна вважати актуальним.

Програма проведення натурних експериментів виконувалась на спеціальному лабораторному обладнанні кафедри БЖД Придніпровської державної академії будівництва та архітектури (ПДАБА). Обладнання призначено для подібних випробувань з пошуком найбільш оптимального (раціонального) серед декілька експериментальних композицій, які підвищують конструктивну вогнестійкість найбільш навантажених елементів будівельної конструкції.

В науково-дослідницької лабораторії було розроблено декілька вогнезахисних покриттів, що спучуються на основі рідкого скла. В якості основних заповнювачів тут було використано: зола, азбест й азбестоцементні відходи та ін. Ці компоненти з успіхом використовуються, для зниження горючості дерев'яних будівельних конструкцій, в основному – просочуванням. Разом з цим, їх застосування для захисту конструкцій з металу раніше не завжди було виправдано з-за недостатньої адгезійної міцності поєднання покриття з металом. Для усунення вказаного недоліку виникла необхідність проведення

цих досліджень для вогнезахисту будівельних конструкцій з металевими елементами та розробкою не дуже коштовних композицій, що спучуються.

Було проведено підбір вхідних компонентів для виготовлення композицій вогнезахисних покриттів. Проводилась оцінка впливу вхідних компонентів на адгезійну міцність покриття з металом та на тенденцію до підвищення вогнегасної стійкості випробувальних конструкцій. Експериментам піддавалися стандартні модельні сталеві зразки 200 x 200 мм з покриттям і без покриття. Для цього було задіяно лабораторний стенд.

Аналіз отриманих даних показав, що введення в якості наповнювачів дрібноволоконистого азбесту та ін.. покращує зчеплення покриття з поверхнею металу, що захищається, й підвищує безпечний час до руйнування за рахунок підвищення вогнестійкості конструкції.

Так, збільшення вмісту азбестоцементних відходів від 5 до 15 % підвищує адгезійну міцність й вогнестійкість, але незначно. Найбільша ефективність впливу тут проявляється при вмісту їх від 20 до 40 % - адгезійна міцність підвищується до 5,8–6,8 МПа, а безпечний час експлуатації конструкцій з металу (вогнестійкість) - до 50–55 хв. Підкреслимо, що оптимальне співвідношення азбестоцементних відходів не повинно загалом перевершувати 30 %, так, як його подальше зростання згубно впливає на вогнезахисні якості покриття.

Як показали дослідження, введення азбестоцементних відходів у кількості більше 30 % з одного боку сприяє збільшенню в'язкості композиції, з іншого, через високу адсорбційну здатність, веде до комкування суміші, що негативно позначається на змочуванні композицією поверхні металу, що захищається.

Дослідження показали, що поліпшення властивостей покриття може бути досягнуто запровадженням цинкових білил. Так, введення в рідинносклову композицію цинкових білил підвищує вогнезахисну здатність покриття, як за рахунок підвищення величини спучування, так і підвищення міцності контакту покриття з поверхнею металу, що захищається. Збільшення вмісту цинкових білил до 6,5–8,0 % дозволяє підвищити адгезійну міцність до 7,2–7,3 МПа, а вогнестійкість підвищується до 70–75 хв. Подальше збільшення вмісту цинкових білил негативно впливає на адгезію до металу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O. et al. (2021). Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Kharkiv: PC Technology Center. P. 180. Doi: 10.15587/978-617-7319-43-5
2. Dubinin, D., Lisniak, A., Shevchenko, S., Krivoruchko, I., Gaponenko, Yu. (2021). Eksperymental'ne doslidzhennja rozvytku pozhezhi v budivli. Problemy nadzvychajnyh sytuacij. Vol. 34 P.110–121. Doi: 10.52363/2524-0226-2021-34-8 2
3. Ostapov, K. et al., (2021). Improving the installation of fire gasing with geelating compounds. Problems of emergency situations. 33. 4–14. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14116>

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА В РАМКАХ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

*Отрош В.Ю.<sup>1</sup>,  
Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, PhD,  
Yasuda N.<sup>2</sup>, professor*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України

<sup>2</sup>University of Fuku, Research Institute of Nuclear Engineering Department of Nuclear Power  
Disaster Prevention and Risk Management (Japan)

Трансформація інфраструктури в рамках післявоєнної відбудови передбачає перегляд та перебудову існуючої структури країни з метою відновлення та покращення її функціональності, стійкості та ефективності після військових конфліктів. Цей процес включає в себе не лише відновлення зруйнованих об'єктів та споруд, але і перегляд стратегій розвитку, впровадження новітніх технологій, зміни в управлінні та експлуатації інфраструктури, а також забезпечення екологічної стійкості та сталого розвитку. Сьогодні на всій території України триває військовий стан, однак у деяких регіонах уже почалася відбудова. Відбудова важлива не лише для відновлення естетичної краси країни, а й для збереження її культурної спадщини та створення інклюзивного сталого простору.

Трансформації інфраструктури повинні враховувати:

- оцінку зруйнованих об'єктів та споруд, визначення потреб у відновленні та реконструкції;
- визначення пріоритетів та напрямків відновлення, розробку планів дій та програм реабілітації інфраструктури;
- впровадження новітніх розробок та технологій у процесі відновлення та експлуатації інфраструктури для забезпечення її ефективності та стійкості;
- залучення фінансових ресурсів для реалізації проектів відновлення, визначення джерел фінансування та механізмів їх розподілу;
- забезпечення відновлення інфраструктури з урахуванням принципів сталого розвитку та екологічної безпеки;
- організація процесу відновлення, контролю за виконанням робіт, співпраця між урядовими та громадськими структурами, а також міжнародну кооперацію.

Зарубіжний досвід підкреслює важливість передбачення потенційних загроз та розробки стратегій відновлення ще до виникнення небезпеки [1].

Функція безпеки може стати основною у новій українській архітектурі. Це не тільки про елементарні укриття цивільного захисту, які мають бути комфортними, а й про переосмислення технологій будівництва, які б забезпечили вищу стійкість будівель [2]. Як приклад житла, що може врятувати під час війни можна навести ізраїльські багатоквартирні житлові проекти, які містять «мамад» чи безпечне ядро – кімнату, яка свого роду є бомбосховищем, де можна перебувати під час бомбардувань.

Ще одна функція архітектури, яка стане актуальною після війни – інклюзивність простору і його доступність для маломобільних груп населення, яких, на жаль, ставатиме більше [3, 4]. Посприяти інклюзивності може зонування територій [5, 6].

До основних обмежень планування та забудови територій відносять:

- впровадження нового терміну «блакитна лінія», що стосується обмеження висоти;
- впровадження нового терміну «зелена лінія» – обмеження забудови для збереження зелених територій;

- для нового житла встановлений відсоток забудови залежно від поверховості; встановлені межі максимально щільної забудови;
- заборона паркування автомобілів всередині житлових кварталів;
- щодо проїзду автомобілів екстрених служб до будівель;
- доступ для маломобільних груп населення.

Важливим аспектом є інтеграція зелених технологій та практик для зменшення негативного впливу на довкілля та забезпечення сталого розвитку [7].

Трансформація інфраструктури міста в рамках післявоєнної відбудови є складним та багатоаспектним процесом, що вимагає інтегрованого підходу та співпраці. Під час цього процесу необхідно враховувати потреби населення, економічні можливості, екологічні аспекти та принципи сталого розвитку. Ефективна відбудова інфраструктури міста сприяє покращенню якості життя громадян, розвитку економіки та збільшенню рівня безпеки. Застосування інноваційних технологій та зелених рішень може сприяти створенню більш стійкого та ефективного міського середовища. Таким чином, правильно спроектована та реалізована відбудова інфраструктури є ключовим елементом успішного розвитку міст після конфліктів та війн.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Івакіна М.Г., Рашкевич Н.В. Питання комплексного відновлення території. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 53.
2. Ізраїльські укриття: що таке мамади і мамаки, і від чого вони захищають. 24 канал. URL: [https://realestate.24tv.ua/ru/chto-takoe-mamady-mamaki-izraile-ot-chego-oni-zashhishhajut\\_n2181388](https://realestate.24tv.ua/ru/chto-takoe-mamady-mamaki-izraile-ot-chego-oni-zashhishhajut_n2181388)
3. 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, вип. 178. С. 219–231. Doi: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-219-231>
4. Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Щолоков Е.Е., Отрош Ю.А. Доступність захисних споруд цивільного захисту для маломобільних груп населення. Матеріали Міжнародної наукової конференції «Інформаційне суспільство: Технологічні, економічні та технічні аспекти становлення». Вип. 70. 22–23 вересня 2022. С. 173–174.
5. Касьонкіна Н.Д., Рашкевич Н.В. Зонінг – складова забезпечення безпеки. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 407.
6. Горкуненко Ю.С., Рашкевич Н.В. Обмеження планування та забудови територій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 28.
7. Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Пожежна безпека зелених дахів та зелених фасадів. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2023. С. 181–183.

УДК 004.42(072)

## ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ СФЕРИЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

*Пастернак В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Рубан А.В.<sup>2</sup>, к.держ.упр., доцент,*

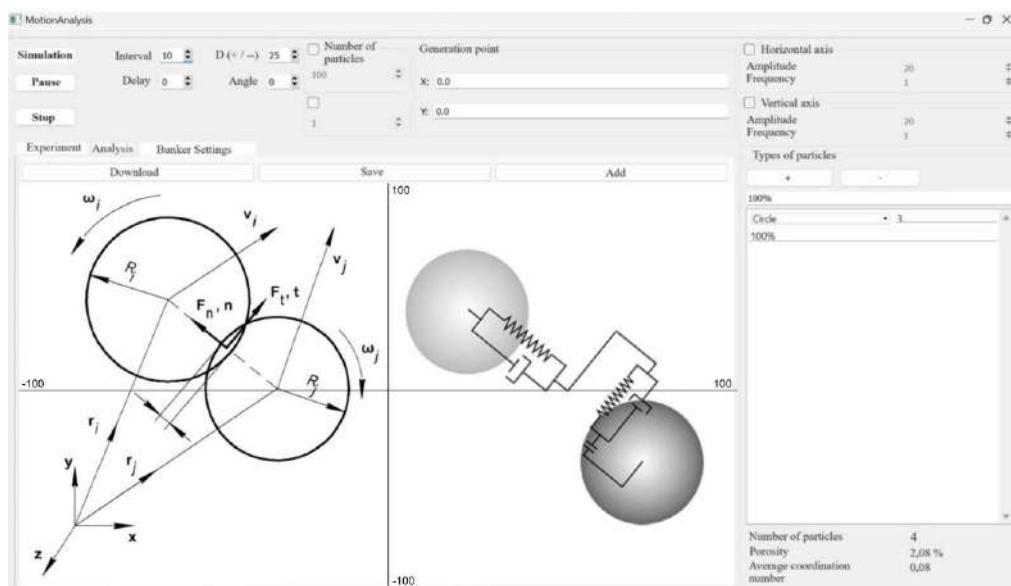
*Козак С.М.<sup>3</sup>, аспірант*

<sup>1</sup>*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*

<sup>2</sup>*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,*

<sup>3</sup>*Луцький національний технічний університет*

У сучасному науковому дослідженні сферичні елементи стали предметом глибокого аналізу завдяки застосуванню математичних моделей [1, 2]. Розуміння динаміки цих елементів є ключовим аспектом в різних галузях науки і техніки, від астрофізики до молекулярної біології [3, 4]. Слід відмітити, що абстрактні концепції математичних моделей та їхнє практичне застосування в конкретних ситуаціях є сучасним та актуальним завданням сьогодення [5]. Тому важливо-необхідним є ретельно проаналізувати різні властивості сферичних елементів, зокрема, їхні рухові характеристики на основі їхньої динаміки, взаємодію у різноманітних умовах, а також взаємодію контактів між собою [6]. Із представленого вище матеріалу випливає, що є велика потреба у вдосконаленні практичного використання математичних та комп'ютерних моделей динаміки сферичних елементів у різноманітних галузях науки та техніки. На рисунку 1 представлено дослідження теплообміну між сферичними елементами під час сталої температури  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  із радіусом кульок  $R = 0,1\text{ мм}$ .



**Рис. 1. Результати дослідження теплообміну між сферичними елементами розміром 0,1 мм.**

Слід відмітити, що отримані результати дослідження теплообміну між сферичними елементами при сталій температурі  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  та з заданим радіусом кульок  $R = 0,1\text{ мм}$  обґрунтоване кількома ключовими аспектами, які важливі для розуміння та оптимізації теплового обміну в подібних системах:

1) геометричні характеристики сферичних елементів (радіус сферичних елементів  $R$  є важливим параметром для визначення площі поверхні контакту та об'єму,

які впливають на швидкість теплообміну. Слід відмітити, що великі сферичні елементи можуть мати більшу поверхню та об'єм, що у свою чергу може полегшувати ефективний теплообмін);

2) теплові властивості неоднорідного середовища (теплові властивості неоднорідного середовища де відбувається моделювання сферичних елементів (наприклад, теплопровідність) визначають, наскільки ефективно тепло передається через їхню поверхню і відбувається якісний контакт між сферами. Ці властивості важливі для розуміння і передбачення теплового обміну);

3) стійкість температурного режиму (встановлення сталої температури  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  визначає тепловий градієнт між сферичними елементами та їхнім оточенням. Важливо зазначити, що цей температурний режим впливає на теплообмін і відповідно впливає на ефективність всього середовища у якому відбувається моделювання динаміки кульок);

4) механізми теплообміну (розгляд механізмів теплообміну, таких як кондукція, конвекція та випромінювання, важливий для визначення домінуючих факторів теплообміну в даній системі);

5) вплив оточуючого середовища (властивості оточуючого середовища, такі як тиск та склад атмосфери теж частково впливають на процес теплообміну).

Слід також відмітити, що зазначений радіус кульок, який дорівнює  $R = 0,1\text{ мм}$  впливає на величину теплового опору та загальну ефективність теплообміну. Звідси випливає, що дослідження теплообміну між сферичними елементами при зазначених конкретних умовах може вивести до важливих висновків щодо оптимізації теплових процесів у мікроскопічних системах, а також знайти застосування у виробництві мікроелектроніки, біомедицині та інших сферах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Pasternak, V., Samchuk, L., Huliieva, N., Andrushchak, I., Ruban, A. (2021). Investigation of the properties of powder materials using computer modeling. *Materials Science Forum*. 1038. 33–39.
2. 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.
3. Zabolotnyi, O., Pasternak, V., Andrushchak, I., Ilchuk, N., Svirzhevskiy, K. (2020). Numerical simulation of the microstructure of structural-inhomogeneous materials. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 562–571.
4. 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.
5. 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.
6. 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.



## ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ГРІНА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СФЕР

*Пастернак В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Рубан А.В.<sup>2</sup>, к.держ.упр., доцент,*

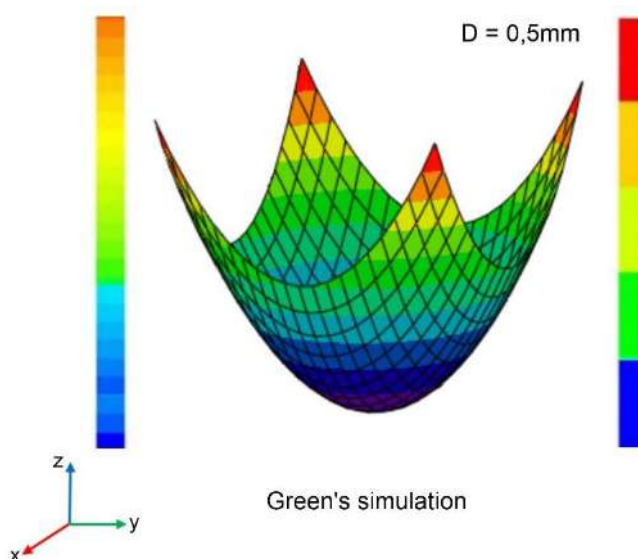
*Козак С.М.<sup>3</sup>, аспірант*

<sup>1</sup>*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*

<sup>2</sup>*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,*

<sup>3</sup>*Луцький національний технічний університет*

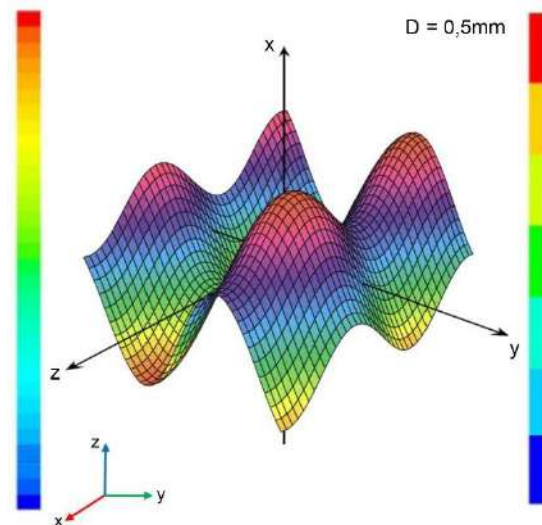
Зазвичай, для опису фізичних явищ та процесів математичною моделлю використовується в основному система чисельних підходів та диференціальних рівнянь в частинних похідних, з урахуванням усіх можливих відповідних граничних умов, а також і початкових даних [1, 2]. Можливість аналітичного знаходження кінцевих розрахунків чисельними методами для процесу моделювання сфер обмежена лише в деяких випадках [3, 4]. Тому, важливим є застосування чисельних підходів та функцій Гріна для процесу моделювання сфер, який є потужним інструментом та актуальним як для моделювання так і для якісного аналізу різноманітних фізичних та інженерних задач, зокрема в тих випадках, коли складність геометрії та граничні умови роблять аналітичний підхід недоцільним [5, 6]. На рисунку 1 представлено моделювання напружено-деформованого стану пружного циліндра із сферою.



**Рис. 1. Поведінка конструкції під впливом різних зовнішніх факторів.**

Отримані результати дали змогу дослідити детальну поведінку конструкції під впливом різних умов. До основних результатів, які ми отримали під час проведення моделювання можна віднести: 1) напруження (розподіл напружень у всій конструкції, включаючи циліндр, сферу та області між ними дозволили визначити максимальні значення напружень та їхні місця локалізації); 2) деформація (зміни в геометрії конструкції під впливом зовнішнього навантаження майже не спостерігалось); 3) розташування зон концентрації напружень (зафіксували окремі області (місця), де явно діяло концентроване напруження); 4) фактор безпеки (визначення факторів безпеки для різних частин конструкції надали нам можливість оцінити відхилення конструкції від допустимих меж напружень); 5) вплив граничних умов (виявили, що зміни в граничних

умовах, таких як закріплення та зовнішнє навантаження впливає в цілому на поведінку конструкції, яка представлена на рисунку 2).



**Рис. 2. Моделювання та реакція конструкції на різні впливи.**

Слід відмітити, що отримані результати можна використовувати для проектування та оптимізації конструкцій, а також для визначення та уникнення можливих проблем в елементах та зонах напруження. Слід також зазначити, що проведене моделювання валідовано із експериментальними даними (функціями Гріна), а їх результати оцінені з урахуванням усіх факторів, що впливають на реальну систему. А це відповідно свідчить про те, що можна здійснювати прогнозування отриманих показників.

#### 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., Shvedun, V., Veretennikova, J. (2023). Development of a 3D Computer Simulation Model Using C++ Methods. *Defect and Diffusion Forum*. 428. 57–66.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Pasternak, V., Sulym, H., Pasternak, I. (2024). Frequency Domain Green's Function and Boundary Integral Equations for Multifield Materials and Quasicrystals. *International Journal of Solids and Structures*. 286–287. 1–12.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕТРАЕДРАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Пастернак В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Рубан А.В.<sup>2</sup>, к.держ.упр., доцент,*

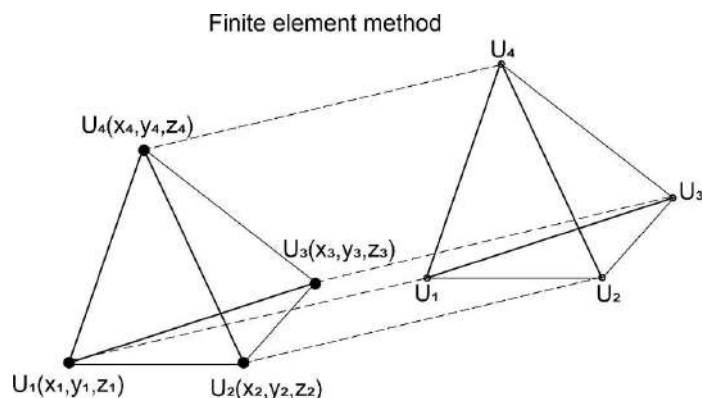
*Козак С.М.<sup>3</sup>, аспірант*

<sup>1</sup>*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*

<sup>2</sup>*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,*

<sup>3</sup>*Луцький національний технічний університет*

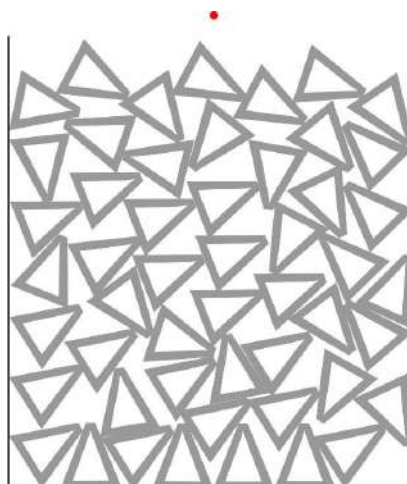
Математичне моделювання – це процес побудови математичних представлень реальних систем чи явищ з метою вивчення їх властивостей та поведінки [1, 2]. Використання математичного моделювання на основі методів скінченних елементів має численні особливості, до яких відносять [3]: абстракція реальності, прогнозування та оптимізація, економія часу та ресурсів, пояснення та інтерпретація, попередження про можливі ризики, метод чисельного аналізу, розробка нових теорій, дискретизація простору та часу і т.д. Слід відмітити, що важливим є застосування математичного моделювання на основі методу скінченних елементів для дослідження тетрадральних елементів [4, 5]. Тому що, це дозволить покращити якість та точність як традиційних підходів моделювання, так і провести детальне дослідження елемента – тетраедр. Загалом, математичне моделювання на основі методу скінченних елементів дозволяє аналізувати та вирішувати реальні проблеми, досліджувати основні параметри у режимі реального часу, а також формулювати нові ідеї та гіпотези для подальшого дослідження [6]. На рисунку 1 представлено структурну схему тетрадральних елементів, які мають неоднорідну структуру.



**Рис. 1. Структурна схема тетрадральних елементів.**

Для того, щоб якісно провести моделювання тетрадральних елементів необхідно на початковому етапі розглянути кожний кільцевий елемент тетраедра трикутного поперечного перерізу. Слід відмітити, що переміщення кожного вузла переважно складається із трьох компонентів. У свою чергу, вектор переміщення у тетрадральному елементі представляє собою вектор, який описує зміни положення матеріальних точок в просторі в результаті деформації. Він визначає, наскільки кожна точка тетраедра переміщається або деформується в результаті прикладеного навантаження чи додаткового застосування зовнішніх впливів.

На рисунку 2 представлено моделювання тетрадральних елементів на основі розробленої моделі, яка дозволяє аналізувати поведінку тетраедрів та їх конструкцію у різних умовах часу.



**Рис. 2. Моделювання тетрадрів із радіусом 0,3 мм.**

Із проведеного дослідження можна зробити висновок, що математичне моделювання тетрадрального елемента в контексті скінченно-елементного методу – це складний процес, який включає в себе кілька ключових аспектів: форму елемента (тетраедра), невідомі поля (вектор переміщень, тензор деформації, тензор напружень), рівняння рівноваги, інтегрування по об'єму, граничні умови, а також застосування методу скінченних елементів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
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., Shvedun, V., Veretennikova, J. (2023). Development of a 3D Computer Simulation Model Using C++ Methods. *Defect and Diffusion Forum*. 428. 57–66.
5. 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.
6. Pasternak, V., Sulym, H., Pasternak, I. (2024). Frequency Domain Green's Function and Boundary Integral Equations for Multifield Materials and Quasicrystals. *International Journal of Solids and Structures*. 286–287. 1–12.

**ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ***Плотников І.В.<sup>1</sup>,**Лагута Д.О.<sup>2</sup>,**Рашикевич Н.В.<sup>3</sup>, PhD*<sup>1</sup>ТОВ «ТЕЛЕКОМ КОМПЛЕКС»,<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Полтавській області,<sup>3</sup>Національний університет цивільного захисту України

Деревина в будівництві є досить поширеним матеріалом, який має свої переваги та обмеження. Переваги пов'язані з екологічною стійкістю, легкістю обробки, дизайном та естетикою, міцністю. Головним із недоліків є пожежна небезпека. Деревина легко піддається впливу високих температур.

На пожежну небезпеку дерев'яних конструкцій впливає легкозаймистість, швидке поширення вогню, можливість утворення диму та отруйних газів, втрата міцності. У зв'язку з цим, для зменшення пожежної небезпеки необхідно застосовувати спеціальні заходи вогнезахисту – використовувати вогнестійкі обробки та покриття, а також дотримуватися вимог пожежної безпеки при проектуванні та будівництві.

Використання інтелектуальних систем контролю та моніторингу дозволяє підвищити ефективність вогнезахисних заходів шляхом постійного контролю за станом деревини та автоматичного реагування на пожежні загрози.

Важливим кроком є створення стандартів та систем сертифікації для вогнезахисних матеріалів і технологій обробки деревини.

Важливою складовою є освіта та інформування громадськості про важливість вогнезахисту деревини та застосування інноваційних методів у цій сфері. Це сприятиме поширенню культури пожежної безпеки та зменшенню ризику виникнення пожеж.

Вогнезахисне просочування деревини розчинами антипіренів або полімерів є одним з ефективних методів захисту матеріалу від загоряння та поширення вогню. Антипірени – це речовини, які зменшують швидкість горіння або знижують температуру самозаймання матеріалу. Під час нагрівання полімери можуть утворювати захисні шари або випускати гази, які перешкоджають поширенню вогню.

До переваг вогнезахисного просочування розчинами антипіренів або полімерів можна віднести:

- ефективність (ці розчини можуть значно знизити горючість деревини та утворення полум'я, що робить її менш вразливою до пожежі);

- довготривала дія;

- збереження структурних та механічних властивостей матеріалу, не псуючи її зовнішній вигляд або якість.

- широкий спектр застосування (можна використовувати для різних видів деревини та конструкцій, що робить його універсальним методом захисту).

Найбільш поширеними розчинами для хімічного просочування деревини є:

- амоній фосфат, який допомагає утворити захисний шар, що знижує горючість матеріалу та уповільнює поширення вогню;

- борат натрію або борат амонію, які є ефективними антипіренами та можуть застосовуватися як під час будівництва, так і для обробки вже збудованих конструкцій;

- хлориди амонію або хлорид цинку, властивості яких знижують горючість матеріалу та утворюють захисний шар.

- фосфатні сполуки, що включені до розчинів для хімічного просочування з метою підвищення вогнестійкості матеріалу та запобігання поширенню вогню.

Деревину можна обробити за допомогою термічних методів, таких як термомодифікація або піроліз. Ці методи також дозволяють підвищити вогнестійкість.

Деревину можна обробити спеціальними вогнезахисними покриттями, які утворюють захисний шар, що запобігає поширенню вогню.

Найпоширеніші типи фарб на основі води, органічних розчинників, водно-дисперсійних полімерів, інтумесцентних добавок.

Вогнезахисні лаки застосовуються аналогічно фарбам, що містять хімічні речовини, які утворюють захисний шар на поверхні деревини, запобігаючи їй загорянню.

Найпоширеніші типи лаків: водорозчинні вогнезахисні лаки, розчинні в органічних розчинниках, інтумесцентні, акрилові, поліуретанові, силікатні, емульсійні.

Пропитки - це спеціальні розчини, які вбираються в пори деревини та утворюють захисний шар всередині матеріалу. Вони можуть бути нанесені на поверхню деревини за допомогою розпилювача або пензлю.

Типи пропиток для вогнезахисту: інтумесцентні, хімічні, гідрофобні, фторополімерні, біореактивні, амінімідні.

Також, широкого поширення набули вогнезахисні ґрунтовки. Ці покриття наносяться на поверхню деревини перед фарбуванням або лакуванням і містять хімічні речовини для зменшення горючості матеріалу та підвищення пожежної безпеки. Типи вогнезахисних ґрунтовок: акрилові, силікатні, целюлозні, латексні, мінеральні

Прогнозування стану деревини за горючістю після вогнезахисного просочування важливе для оцінки ефективності заходів з пожежної безпеки. Для цього можна використовувати різноманітні методи та підходи:

– моделювання реакції на пожежу, а саме використання комп'ютерних програм для моделювання реакції матеріалу на пожежу дозволяє прогнозувати зміни у горючості деревини після вогнезахисного просочування. Це дозволяє оцінити ризики пожежі та визначити необхідність додаткових заходів з безпеки.

– експертна оцінка, а саме залучення фахівців з пожежної безпеки для оцінки результатів вогнезахисного просочування деревини. Вони можуть врахувати різні фактори, такі як склад вогнезахисного розчину, тип деревини та умови експлуатації, щоб зробити прогноз щодо її горючості.

– емпіричні методи, а саме використання результатів попередніх випробувань та вимірювань горючості;

– лабораторні випробування, а саме проведення спеціальних лабораторних випробувань для визначення горючості деревини після просочування. Ці випробування можуть включати вимірювання температури горіння, швидкості поширення вогню та інших параметрів.

Розробка нових вогнезахисних матеріалів та технологій є ключовим напрямом забезпечення пожежної безпеки. Використання новітніх компонентів та методів дозволить підвищити вогнестійкість матеріалу без зміни його основних властивостей. Інноваційні рішення повинні бути ефективними і безпечними для навколишнього середовища.

УДК 355.58

**ОБЛАСТЬ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ  
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ГІДРОАКУМУЛЬОВАНИХ  
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ***Плотников І.В.<sup>1</sup>**Рашкевич Н.В.<sup>2</sup>, PhD*<sup>1</sup>*ТОВ «ТЕЛЕКОМ КОМПЛЕКС»,*<sup>2</sup>*Національний університет цивільного захисту України*

З врахуванням росту інтересу до відновлювальних джерел енергії та зменшення використання вугільних та інших видів енергетичних джерел, гідроаккумуляовані електростанції (ГАЕС) стають ще більш актуальними. Вони виступають важливим елементом переходу до енергетичної системи з низьким рівнем викидів вуглецю та сприяють забезпеченню стійкості та безпеки електропостачання (рис. 1).



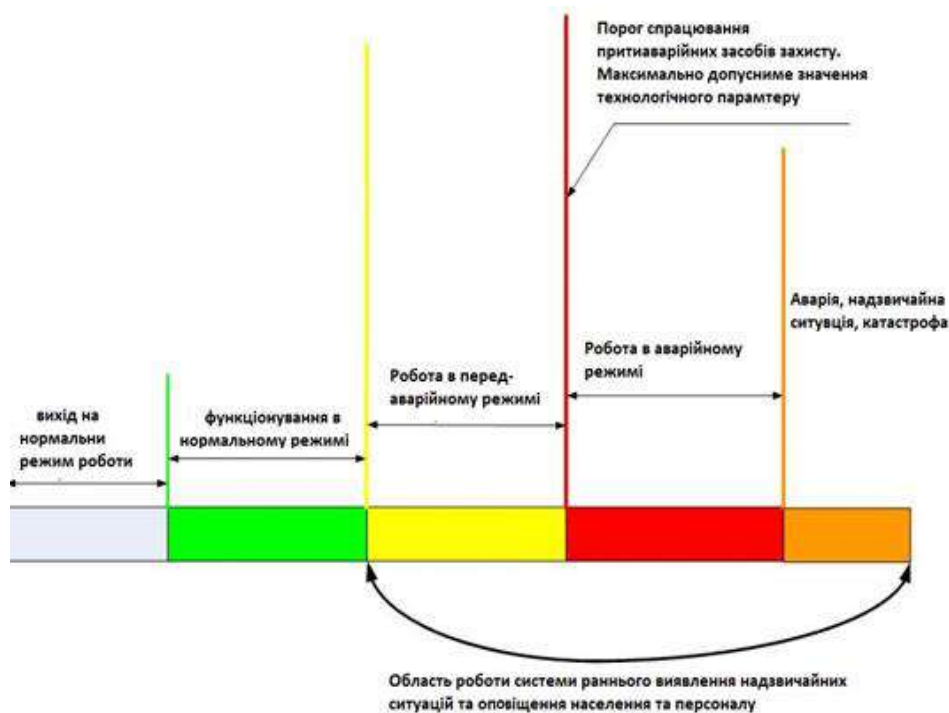
**Рис. 1. Типова ГАЕС на території України.**

Надзвичайні ситуації (НС) на ГАЕС можуть представляти серйозну небезпеку через потенційні наслідки для життя людей, довкілля та інфраструктури. Вірогідність виникнення НС визначається різними факторами, включаючи технічний стан обладнання, природні умови та людський фактор. А також, ГАЕС стають об'єктом військових конфліктів [1].

Використання автоматизованих систем раннього виявлення НС та оповіщення у разі виникнення їх (АСРВО) на ГАЕС є невід'ємною складовою ефективного управління безпекою цих об'єктів і важливим елементом забезпечення стійкості енергетичної інфраструктури.

Технологічне устаткування на ГАЕС включає різноманітні компоненти та системи, які використовуються для нагромадження, транспортування, перетворення та управління енергією води з метою виробництва електроенергії. Основними є: гідроагрегати (турбіни та генератори), які забезпечують обертання та виробництво електроенергії; водосховища та водоскиди, для нагромадження води з метою створення потенційної енергії регулювання рівня води та керування режимами роботи станції; насосні станції, які перекачують воду з нижнього водосховища в верхнє в періоди низького попиту на електроенергію; компенсатори реактивної потужності, яка виникає при роботі генераторів; трансформатори та електрообладнання тощо.

Технологічне устаткування може перебувати у різних режимах роботи (рис. 2).



**Рис. 2. Режими роботи технологічного устаткування.**

Ефективні системи раннього виявлення базуються на сенсорах та датчиках, які надійно моніторять різні параметри, такі як рівень води, тиск, температура, вібрація, віддаленість від потенційно небезпечних зон, тощо. Зібрані дані періодично аналізуються з використанням спеціальних алгоритмів та моделей, що дозволяють виявляти аномалії та відхилення від нормального режиму роботи. На основі результатів аналізу системи визначають можливі загрози та надзвичайні ситуації, такі як зсуви ґрунту, затоплення, поломки обладнання та інші небезпеки.

У разі виявлення потенційно небезпечних ситуацій системи автоматично генерують попередження та активують сигналізацію, щоб сповістити операторів та відповідні служби про надзвичайну ситуацію. Після виявлення загрози системи можуть автоматично виконувати певні заходи для мінімізації ризиків, наприклад, запускати аварійні засуви, вимикати обладнання, активувати системи аварійного затримання чи розпочинати евакуаційні процедури.

АСРВО можуть працювати як в передаварійному режимі, так й в аварійному режимі. Робота в передаварійному режимі дозволяє системам раннього виявлення готуватися до можливих надзвичайних ситуацій та вчасно попереджати про них. Аварійний режим забезпечує швидку та ефективну реакцію в разі виникнення аварій, що допомагає зменшити ризики та мінімізувати наслідки негативних подій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н.В., Мирошник О.М., Шевченко Р.І. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з безпекою ґрунтових вод. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. Том 7 № 2 (2023). С. 193–216.



## ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАБУДОВАНOSTІ ЗАПЛАВ РІЧОК НА КАТАСТРОФІЧНІ НАСЛІДКИ ВІД ПАВОДКІВ

*Подорожко К.Д.,*

*Данишина С.Ю., д.т.н., доцент*

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»*

Прогнозування та попередження надзвичайних ситуацій є першочерговим завданням фахівців задля запобігання, реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, зокрема паводків.

Паводки є одними з найпоширеніших природних явищ у світі, збитки від яких щороку складають близько 40 млрд. доларів США. В Україні негативні наслідки від паводків є можливими на 27 % території, де проживає майже третина населення країни [1]. Паводки – це природне явище, запобігти якому майже неможливо. Це підтверджує негативний досвід країн ЄС та України, отриманий після низки випадків, які призвели до людських смертей та економічних втрат. Традиційні підходи до захисту від паводків, наприклад, побудова захисних споруд та їх утримання, під час аномальних дощів не затримує вихід рік з берегів, та, навпаки, призводять до катастрофічних наслідків [2].

Ураховуючи дані моніторингу гідрологічного режиму річок, а саме паводкові зміни та надзвичайні ситуації, які вони викликають, актуальним стає задача просторового аналізу чинників впливу для оптимізації процесу прийняття рішень про запобігання підтоплення населених пунктів. При цьому, окрему увагу приділяють оцінюванню повторюваності паводків і затоплення територій за нових умов.

Агресивна меліорація та днопоглиблення, забудова та розорювання заплавної території річок – усе це унеможливує природній процес поглинання та відходу паводкових вод, що призводить до підтоплення територій, які раніше не потерпали від цього. Аналіз масових випадків неконтрольованої та незаконної забудови заплави річок і фактів сильних нетипових паводкових підтоплення територій в їх басейні свідчить про кореляційний зв'язок між антропогенним навантаженням на річки та їх здатністю до самоліквідації паводкових наслідків [1, 2]. Певну роль у саморегуляції кількості розливої води виконують ліси, що забезпечують процес її утримання та недопущення просування і підтоплення сусідніх територій. Також різке розлиття води затримується з'єднаними з річками заплавленими територіями, які корегують подальше розповсюдження водних потоків і підтоплення житлових територій. Саме тому, надзвичайно важливим при попередженні затоплення населених пунктів стає суровий контроль за станом заплавлених територій [2, 3], що потребує розроблення комплексного підходу до прогнозування та оцінювання паводкових наслідків.

Ураховуючи важливість детального моніторингу стану заплавлених територій, пропонується залучення даних космічного моніторингу Землі для попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із паводками річок. Подібні технології просторового аналізу дають змогу отримувати актуальні дані про стан заплавлених територій, появу нових забудов, перевірку їх на дотримання правил водоохоронних зон [4].

З метою попередження катастрофічних підтоплення під час паводкових розливів як приклад розглянемо випадок просторового аналізу деяких заплавлених територій Харківської області, розташованих в руслі р. Сіверський Донець.

Як вихідні дані розглядалися космічні знімки території між селищами Іванівка та Левківка (рис. 1, а), а також долини річки біля села Червоний Донець (рис. 1, б). Формування попередніх висновків здійснено відповідно до вимог «Водного Кодексу України», зокрема норм захисних смуг в заплавах річок (табл. 1) [3].



**Рис. 1. Космічні знімки досліджуваної території Харківської області:  
а – між с. Іванівка та Левківка; б – біля с. Червоний Донець.**

**Таблиця 1. Норми захисних смуг для річок**

Розмір ріки	Площа водозбірного басейну, тис км <sup>2</sup>	Ширина захисної смуги, м
Мала	< 2	25
Середня	2–50	50
Велика	>50	100

Аналізуючи космічні знімки видно, що в долині ріки біля села Іванівка (рис. 1, а) з'явилась забудова, яка розташована на відстані 75 м від берега ріки, що порушує державні будівельні норми та правила [3]. На космічному знімку (рис. 1, б) візуалізовано незаконну забудову біля села Червоний Донець, відстань від якої до берега річки складає 82 м.

Також слід урахувати, що для запобігання катастрофічних наслідків від паводків, у прибережних захисних смугах вздовж річок і навколо водойм забороняється: розорювання земель, влаштування літніх таборів для худоби, будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, гідрометричних та лінійних), у тому числі баз відпочинку, дач, гаражів та стоянок автомобілів, влаштування звалищ сміття, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації, тощо [3].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко О. Причини та наслідки паводків у долині Дністра. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. Вип. 48. С. 141–149. Doi: <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2014.48.1302>
2. Тестов П. Основна причина паводків. URL: [https://texty.org.ua/articles//Osnovna\\_prychyna\\_pavodkiv\\_zabudova\\_zaplav](https://texty.org.ua/articles//Osnovna_prychyna_pavodkiv_zabudova_zaplav)
3. Водний Кодекс України: Закон України від 6 червня 1995 р., № 213/95-ВР. Відомості Верховної Ради України, 1995. № 24. Ст. 189.
4. Danshyna, S. Yu., Podorozhko K. D. (2023). Program for monitoring agricultural land using remote sensing data. Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення: матеріали XXII Міжнар. наук.-практ. конф. С. 142–144.

## ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ ВНАСЛІДОК ПОЖЕЖ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ БІКОГЕРЕНТНОСТІ ДИНАМІКИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА

*Поспелов Б.Б.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Рибка Є.О.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Корнієнко Р.В.<sup>1</sup>, к.т.н., ст. дослідник,  
Веретеннікова Ю.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства  
імені О.М. Бекетова

Відомо, що пожежі є одним із поширених чинників виникнення надзвичайних ситуацій. Особливо це стосується пожеж у приміщеннях оскільки вони завдають значних людських та матеріальних втрат. Світова статистика свідчить про те, що загибель людей від пожеж у приміщеннях становить понад 80% від загальної кількості загиблих від інших типів пожеж [1]. За оцінками Міжнародної асоціації протипожежного захисту в 2020 році пожежі у приміщеннях заподіяли матеріальних збитків на понад 15 млрд. доларів. Тому проблема запобігання виникненню надзвичайних ситуацій внаслідок пожеж у приміщеннях є актуальною. При цьому ефективним напрямом вирішення цієї проблеми є недопущення виникнення пожеж у приміщеннях [2].

Сучасні заходи недопущення пожежі зазвичай використовують різні фізичні явища передачі генерованих небезпечних параметрів осередку загоряння до газового середовища приміщень [3, 4]. При цьому враховуються переважно лінійні механізми передавання. Однак в реальних умовах така передача характеризується на молекулярному та макроскопічному рівнях більш складними нелінійними механізмами, які переважно є скритими. Особливо це стосується початкового етапу виникнення пожежі (виявлення загоряння) з метою недопущення пожежі [5, 6]. Крім того реальні скриті механізми передачі небезпечних параметрів та умови виникнення загорянь є індивідуальними і визначаються великою кількістю та різноманітністю параметрів, більшість яких невідомі та змінюються за часом [7]. Це обумовлює необхідність застосування нелінійного інструментарію [8]. Одним з таких інструментів є оцінка бікогерентності нелінійних явищ [9, 10].

Метою є дослідження запобігання виникненню надзвичайних ситуацій внаслідок пожеж у приміщеннях на основі оцінки бікогерентності динаміки небезпечних параметрів газового середовища [11]. Об'єктом дослідження є бікогерентність динаміки небезпечних параметрів газового середовища при загоряннях матеріалів у приміщеннях. Предметом дослідження є особливості оцінки бікогерентності динаміки небезпечних параметрів газового середовища як при відсутності, так і при появі загорянь в приміщеннях.

Данні за результатами експериментального дослідження було одержано шляхом вимірювання заданої множини небезпечних параметрів газового середовища як при відсутності, так і наявності загоряння тестових матеріалів у лабораторній камері, що моделювала негерметичне приміщення малого розміру. Запропоновано модель оцінки бікогерентності довільного інтервалу спостереження небезпечних параметрів газового середовища. Модель дозволяє досліджувати особливості взаємозв'язків між частотними триплетами у спектрах динаміки небезпечних параметрів газового середовища на основі аналізу відповідних діаграм бікогерентності на інтервалах відсутності та наявності загорянь.

Одержані результати дослідження діаграм бікогерентності свідчать про те, що динаміки досліджуваних небезпечних параметрів газового середовища при відсутності та наявності загоряння матеріалів є суттєво нелінійними та їх ймовірнісні характеристики відрізняються від розподілу гауса. Встановлено, що оцінка бікогерентності може бути використана для надійного раннього виявлення загорянь з метою недопущення пожеж у приміщеннях. Визначено, що особливостями бікогерентності динаміки небезпечних

параметрів газового середовища є конфігурація, число та положення обмежених областей, які відповідають повній когерентності або її протилежності, а також набори частотних триплетів, що є характерними для таких областей. Крім того особливістю оцінки бікогерентності є наявність великих за розміром областей триплетів з характерними близькими до нульового рівня запропонованої оцінки бікогерентності. Це означає, що наявність таких областей в діаграмах бікогерентності свідчить про втрату когерентності для відповідної множини триплетів. За результатами експерименту встановлено, що така особливість бікогерентності характерна для динаміки чадного газу у випадку загоряння спирту та деревини, а також для динаміки температури газового середовища при загорянні спирту, паперу та текстилю.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Examining the learning fire detectors under real conditions of application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 3/9(87). 53–59.
2. Mygalenko, K., Nuyanzin, V., Zemlianskyi, A., Dominik, A., Pozdieiev, S. (2018). Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 1/10(91). 31–37.
3. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S. (2018). Analysis of correlation dimensionality of the state of a gas medium at early ignition of materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/10(95). 25–30.
4. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P. (2018). Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 3/9(93). 34–40.
5. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Biryukov, I., Butenko, T., Yashchenko, O., Bezuhla, Yu., Karpets, K., Vasylchenko, R. (2021). Short-term fire forecast based on air state gain recurrency and zero-order Brown model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 3/10(111). 27–33.
6. Pospelov, B., Rybka, E., Krainiukov, O., Yashchenko, O., Bezuhla, Y., Bielai, S., Kochanov, E., Hryshko, S., Poltavski, E., Nepsha, O. (2021). Short-term forecast of fire in the premises based on modification of the Brown's zero-order model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4/10 (112). 52–58.
7. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilo, M., Krainiukov, O., Biryukov, I., Butenko, T., Bezuhla, Yu., Karpets, K., Kochanov, E. (2021). Development of the method of operational forecasting of fire in the premises of objects under real conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise*. 2/10(110). 43–50.
8. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Research into dynamics of setting the threshold and a probability of ignition detection by self-adjusting fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5/9(89). 43–48.
9. Pospelov, B., Rybka, E., Togobytska, V., Meleshchenko, R., Danchenko, Yu. (2019). Construction of the method for semi-adaptive threshold scaling transformation when computing recurrent plots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4/10(100). 22–29.
10. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P., Gornostal, S. (2019). Development of the method for rapid detection of hazardous atmospheric pollution of cities with the help of recurrence measures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 1/10 (97). 29–35.
11. Cui, L., Xu, H., Ge, J., Cao, M., Xu, Y., Xu, W., Sumarac, D. (2021). Use of bispectrum analysis to inspect the non-linear dynamic characteristics of beam-type structures containing a breathing crack. *Sensors*. 21. 1177.

УДК 351.862:624.1:614.8

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВЛАШТУВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ***Постернак І.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,**Постернак О.С.<sup>1</sup>,**Постернак С.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**<sup>1</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури,**<sup>2</sup>ПП «Композит», м. Одеса*

Уже в перші дні вторгнення стало зрозуміло, що захисні споруди цивільного захисту (ЗСЦЗ) в країні не готові до використання, а тим більш не доступні для осіб з інвалідністю. Чимало людей не спускалися в бомбосховища через те, що не могли здолати круті сходи або були розгублені через нездатність зорієнтуватися в темряві. Нещодавно затверджено нові Державні будівельні норми В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [1], що регламентують, якими мають бути захисні споруди, укриття та бомбосховища. Раніше під час їх створення основний акцент робили на суто технічних якостях, натомість у нових будівельних нормах велику увагу приділено саме доступності цих приміщень.

Підземні споруди є особливим типом будівель, що різко відрізняються від наземних будівель. Головна їх особливість полягає в тому, що вони завжди виконуються з кам'яних матеріалів (частіше залізобетонних), мають суцільний фундамент і кругову гідроізоляцію; всі їх конструкції зазвичай рівномірні та рівнодовговічні. Підземні об'єкти можуть розташовуватися на різній глибині, що припускає різні технології їх спорудження.

Захисні споруди (ЗС) та споруди подвійного призначення (СПП) будуються таким чином, щоб протягом певного часу (до 48 годин) створити належні умови для перебування людей, що підлягають укриттю, та забезпечити їх захист шляхом виключення або зменшення прогнозованих впливів небезпечних чинників, які можуть виникнути як складова частина небезпечних явищ надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів.

Ступінь захисту характеризується захисними властивостями захисних споруд, що для небезпечних чинників застосування зброї масового та загального ураження передбачають послаблення радіаційного впливу та захисту від впливу прогнозованого вибуху шляхом забезпечення механічного опору та стійкості конструкцій від ураження уламками та дії рівномірно-розподілених навантажень:

- для зброї масового ураження – надмірний тиск вибухової хвилі, що положеннями норм приводяться до квазістатичного (еквівалентного) рівномірно-розподіленого тиску від 100 кПа до 500 кПа (залежно від класу або групи захисної споруди або споруди подвійного призначення);

- для засобів звичайного ураження (засоби повітряного ураження, що включають ракети різних типів та баражуючі боеприпаси, боеприпаси реактивних систем залпового вогню та артилерійських снарядів) – надмірний тиск вибухової хвилі, що приводяться до квазістатичного (еквівалентного) рівномірно-розподіленого навантаження 100 кПа.

Захисні властивості сховищ передбачають виключення або зменшення впливу таких прогнозованих небезпечних чинників (факторів): дії повітряної ударної хвилі від побічної дії зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском; дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження; проникнення уламками засобів звичайного ураження; дії небезпечних хімічних речовин, радіоактивних речовин бойових отруйних речовин, небезпечних біологічних речовин та бактеріальних засобів

ураження; дії проникаючої радіації та іонізуючого випромінювання від радіоактивно забруднення місцевості, води та повітря, шляхом забезпеченням нормативного ступеня послаблення радіаційного впливу (ступеня захисту); катастрофічного затоплення (для сховищ, що розташовуються у зонах можливого катастрофічного затоплення); дії високих температур та продуктів горіння при пожежах.

Не допускається розташовувати захисні споруди та СПП на схилах, не захищених від зсувів або інших небезпечних геологічних процесів (ерозія, селеві потоки тощо), а також на територіях з виробками;

Окремо розташовані захисні споруди та СПП відносно планувальної позначки землі проектується заглибленими або частково заглибленими (за умови забезпечення встановлених показників їх захисних властивостей). При виборі способу розміщення відносно планувальної позначки землі слід враховувати геологічні, гідрогеологічні та інші умови (рисунок 5).

Захисні споруди та СПП рекомендується розташовувати на відстані не менше ніж 5 м (у просвіті) від зовнішніх мереж водопостачання, тепlopостачання та напірної каналізації діаметром не більше ніж 200 мм. При діаметрі більше 200 мм відстань захисних споруд та СПП до мереж водопостачання, тепlopостачання та напірних каналізаційних магістралей повинна бути не менше 15 м. Висоту приміщень (від відмітки підлоги до низу перекриття (покриття) захисних споруд та СПП при новому будівництві слід приймати не менше 2,5 м. Двері в основному приміщенні для укриття необхідно проектувати з відчиненням назовні. Для сховищ кількість входів приймати не менше двох). При входах до сховищ слід влаштовувати водозбірні приямки. Усі входи у сховища (крім тих, що обладнані тамбур-шлюзами) – повинні обладнуватись тамбурами. Сховища мають мати мінімум один аварійний вихід. Аварійний вихід обладнується захисно-герметичними дверями (люками). Для окремо розташованих захисних споруд та СПП рекомендовано влаштовувати по периметру та зверху додаткове покриття ґрунтом або іншим сипучим матеріалом шаром не менше 0,8 м і влаштуванням по верху твердого покриття або екрану.

При виборі гідроізоляції слід враховувати глибину залягання конструкції, рівень максимального підйому та гідростатичний тиск ґрунтових вод. Основними типами гідроізоляції захисних споруд рекомендовано приймати рулонну, обмазувальну або напилувальну гідроізоляційну систему. При неможливості виконання гідроізоляції по зовнішньому контуру будівлі, допускається використання ін'єкційної або проникаючої гідроізоляційної системи.

*Висновок.* Нещодавно затверджені нові Державні будівельні норми В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [1] регламентують, якими мають бути захисні споруди, укриття та бомбосховища. Головна особливість підземних споруд полягає в тому, що вони завжди виконуються з кам'яних матеріалів (частіше залізобетонних), мають суцільний фундамент і кругову гідроізоляцію; всі їх конструкції зазвичай рівноміцні та рівнодовговічні. Охарактеризовано захисні властивості підземних захисних споруд та нормативні вимоги до їх об'ємно-планувальних та конструктивних рішень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Чинний від 2023-11-01. Київ: Мін-во розвитку громад, територій та інфр-тури України, 2023. 123 с.

## ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЦЕДУР З ОПТИМІЗАЦІЇ ВІДБОРУ ПРОБ ҐРУНТУ З МЕТОЮ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

*Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, PhD,  
Шевченко Р.І.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Ребров О.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Рівненській області

Забруднення території, яке спричинене ракетно-артилерійськими обстрілами, може бути стабільним та мати на довгий час серйозні наслідки для навколишнього середовища, життя та здоров'я місцевого населення [1–3].

Оптимізація відбору проб ґрунту є ключовим елементом для забезпечення надійних і репрезентативних результатів з дослідження їх небезпеки, що впливає на можливість прийняття обґрунтованих рішень з питань забезпечення як охорони навколишнього середовища, так цивільного захисту населення, – своєчасного обмеження поширення наслідків забруднення за площею, кількістю жертв та постраждалих [4, 5].

Правильно спланований та проведений відбір проб дозволяє забезпечити відображення реальної ситуації на місцевості. Процес відбору проб в умовах ризику забруднення територій від ракетно-артилерійських уражень з метою ефективної протидії НС підлягає оптимізації [6, 7].

Основними напрямками роботи з планування є визначення мети відбору проб, місця відбору, а також обсягу і кількості проб, місцевих умов, проведення збору додаткових даних, вибір методів та точок відбору.

За мету обирається оцінка рівня забруднення певними речовинами, визначення заходів для зменшення наслідків поширення небезпеки – протидію надзвичайної ситуації.

Важливо визначитись з місцем (ділянкою) відбору, а також обсягом і кількістю проб, які необхідно взяти для отримання репрезентативних результатів.

Для ефективної протидії НС потрібно визначити зони з найбільшим пошкодженням та забрудненням. Це може включати в себе зони прямих ударів, місця вибухів, а також області, де можливе перенесення та накопичення небезпечних речовин. Розмір та масштаб ураження можуть варіюватися в залежності від величини і кількості вибухів, а також від характеристик території. Особливу увагу слід звернути на місця з потенційною підвищеною концентрацією шкідливих речовин, наприклад, у водоносних шарах чи областях з високою родючістю ґрунту.

Визначення місць відбору проб також пов'язане з безпекою досліджень. Важливо обрати місця, до яких можливий безпечний доступ та проведення вимірювань без ризику для життя та здоров'я людини.

У визначенні місць відбору проб та їх кількості можуть допомогти врахування місцевих умов. Ландшафт, ґрунтові умови, геологічна будова та гідрологічні особливості, наявність різних типів рослинності та ґрунтових мікроорганізмів можуть впливати на поширення та перенесення токсичних речовин, що виникають під час вибухів.

Геологічна інформація, інформація про попередні дослідження, а також можливі пошкодження під час військових конфліктів поруч розташованих об'єктів критичної

інфраструктури, промисловості, як додаткові данні, можуть вплинути на вибір місця відбору проб.

Вибір методів та точок відбору повинен базуватись на раціональному розподілі завдань, виборі найбільш доступних і ефективних засобів для аналізу, що дозволить зберегти час, кошти, людські ресурси.

Відбір проб з урахуванням зміни глибини може бути неефективним та необґрунтованим. Це пов'язано з тим, що ракетно-артилерійські обстріли можуть призвести до забруднення ґрунту лише на певній глибині, яка, зазвичай, обумовлена характеристиками вибуху, типом ракети, та поверхневою структурою ґрунту. Проведення відбору проб на значній глибині може бути небезпечним через можливість залишення нездетонованих уламків або інших небезпечних матеріалів після вибуху.

Таким чином, для оптимізації відбору проб важливими факторами є: локальність зон, які були безпосередньо уражені; наявність й безпека доступу та технічні можливості; розташування поруч стратегічних об'єктів, водоносних горизонтів, земель, що використовуються під сільське господарство; ризик поширення забруднень; раціональне використання ресурсів та ефективність робочих процесів, оперативність в прийнятті рішень з забезпечення безпеки.

### 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. Том 7, № 2 (2023). С. 193–216.

2. 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: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251>

3. Рашкевич Н. В., Лобойченко В. М., Шевченко Р. І. Мінімізація наслідків екологічної небезпеки території, внаслідок їх вогневого ураження боєприпасами: Мат. І Міжнар. наук.-практ. конф. «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій - 2022», 26 – 27 травня 2022 р., м. Полтава. С. 113–116.

4. 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 / Korniylo I., Gnyp O. – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2022. С. 357–368.

5. 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.

6. 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: мат. Міжн. наук.-практ. конф., секція 2: Післявоєнне відновлення рослинних ресурсів та екологічна безпека країни (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С. 522–523.

7. Бондаренко А.Ю., Рашкевич Н.В., Лобойченко В.М., Шевченко Р.І. Інноваційні підходи в попередженні надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів населених пунктів, де відбувались бойові дії: мат. І Міжн. наук.-практич. конф. «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій - 2022», 26 – 27 травня 2022 р., м. Полтава. С. 500–502.



## ПРОГНОЗУВАННЯ ТРИВАЛОЇ МІЦНОСТІ СТИСНУТОГО БЕТОНУ

*Ромашко-Майстрок О.В., к.т.н.,**Ромашко В.М., д.т.н., доцент**Національний університет водного господарства та природокористування*

Перші доволі серйозні дослідження тривалої міцності стиснутого бетону були проведені ще в кінці 50-х років минулого століття [1]. Однак в сучасних нормах проектування [2] ще й досі відсутні достатньо обґрунтовані рекомендації щодо врахування впливу тривалих навантажень у розрахунках залізобетонних елементів за граничними станами. І тут мова йде не тільки про максимально безпечні рівні тривалого навантаження, але й про режими прикладання (створення) цих навантажень. Адже цілком очевидно, що зміна швидкості прикладання навантаження або швидкості деформування бетону  $\dot{\varepsilon}$  буде призводити не тільки до зміни безпечного рівня тривалого навантаження, але й до зміни деформаційних можливостей стиснутого бетону. Інакше кажучи, рівень тривалої міцності стиснутого бетону та його критичні (граничні) деформації будуть залежати не тільки від класу самого бетону, але й від швидкості його деформування. А оскільки реальні режими прикладання експлуатаційних навантажень в дійсності є доволі тривалими, то встановлення подібних залежностей між параметрами стиснутого бетону матиме важливе значення для побудови універсальної моделі деформування бетонних та залізобетонних елементів і конструкцій.

Загальновідомо, що такі фізико-механічні характеристики стиснутого бетону, як міцність  $f_c$  та відповідні їй критичні деформації  $\varepsilon_{c1}$ , значною мірою залежать від швидкості його завантаження або деформування. Цілком очевидно, що чим меншою буде швидкість деформування бетону, тим нижчою буде його міцність та тим більшими будуть критичні (граничні) деформації бетону в момент його руйнування. Водночас відомо, що добуток двох вищевказаних параметрів характеризує питому потенціальну енергію деформування бетону. А згідно закону збереження потенціальної енергії вона має залишатися незмінною та незалежною від режиму завантаження самого матеріалу. Інакше кажучи, площа діаграми деформування стиснутого бетону  $\sigma_c - \varepsilon_c$  залишатиметься сталою (незмінною) за будь-якого типу навантаження: динамічного, статичного короткочасного чи довготривалого.

За миттєвого динамічного навантаження, коли пластичні деформації або деформації повзучості проявитися не встигнуть, питому потенціальну енергію деформування стиснутого бетону на момент його руйнування можна обчислити за дуже простим виразом [3]

$$u_d = f_{c,du}^2 / (2 \cdot E_{co}), \quad (1)$$

де  $E_{co}$  – початковий модуль пружності бетону за напружень  $\sigma_c = 0$ ;  $f_{c,du}$  та  $\varepsilon_{c,du}$  – міцність стиснутого бетону та відповідні їй критичні (граничні) деформації бетону за миттєвого динамічного навантаження.

У випадку короткочасного квазістатичного режиму завантаження або деформування, що описується неправильною дробово-раціональною функцією  $\sigma_c - \varepsilon_c$  [4], цю енергію слід обчислювати згідно [3] за виразом

$$u_k = \frac{dU}{dV} = \int_0^{\varepsilon_{c1}} \sigma_c d\varepsilon_c = \frac{f_{ck} \cdot \varepsilon_{c1}}{(k-2)} \left[ -\frac{1}{2} + \frac{(k-1)^2}{(k-2)} - \left( \frac{k-1}{k-2} \right)^2 \cdot \ln(k-1) \right], \quad (2)$$

де  $\varepsilon_c$  – поточні деформації стиснутого бетону;  $f_{ck}$  та  $\varepsilon_{c1}$  – міцність та критичні деформації стиснутого бетону за дії стандартизованих статичних навантажень;  $k = E_{co} \cdot \varepsilon_{c1} / f_{ck}$  – характеристика деформативності стиснутого бетону.

За аналогічним виразом можна було б визначати і питому потенціальну енергію руйнування стиснутого бетону за дії тривалого навантаження

$$u_l = \int_0^{\varepsilon_{c,lu}} \sigma_c d\varepsilon_c = \frac{f_{c,lu} \cdot \varepsilon_{c,lu}}{(k_l - 2)} \left[ -\frac{1}{2} + \frac{(k_l - 1)^2}{(k_l - 2)} - \left( \frac{k_l - 1}{k_l - 2} \right)^2 \cdot \ln(k_l - 1) \right], \quad (3)$$

де  $f_{c,lu}$  та  $\varepsilon_{c,lu}$  – граничні значення тривалої міцності та відповідні їй критичні деформації стиснутого бетону;  $k_l = E_{co} \cdot \varepsilon_{c,lu} / f_{c,lu}$  – характеристика граничної деформативності стиснутого бетону за дії тривалих навантажень.

Однак основні параметри цієї залежності  $f_{c,lu}$  та  $\varepsilon_{c,lu}$  (як і  $k_l$ ) є невідомими, а тому визначити рівень тривалої міцності бетону з прямого спільного розв'язку рівнянь (2) та (3) неможливо. Тому, використовуючи аналітичну залежність граничних значень коефіцієнта динамічного зміцнення стиснутого бетону [3]

$$DIF_u = \frac{f_{c,du}}{f_{ck}} = \sqrt{\frac{2 \cdot k}{(k - 2)} \left[ -\frac{1}{2} + \frac{(k - 1)^2}{(k - 2)} - \left( \frac{k - 1}{k - 2} \right)^2 \ln(k - 1) \right]}, \quad (4)$$

за допомогою методів числового аналізу вдалося отримати з рівнянь (2) і (3) функцію рівня тривалої міцності стиснутого бетону від швидкості його деформування

$$\eta_l = \frac{f_{c,lu}}{f_{ck}} = DIF_u^{((\log(\dot{\varepsilon} / \dot{\varepsilon}_s) + 1) / 9)} \quad \text{для} \quad \dot{\varepsilon} \leq 10^{-6} c^{-1}, \quad (5)$$

де  $\dot{\varepsilon}_s$  – максимальна швидкість деформування стиснутого бетону за дії квазістатичних навантажень,  $\dot{\varepsilon}_s = 10^{-5} c^{-1}$ .

Якщо найменшу швидкість деформування стиснутого бетону прийняти рівною  $\dot{\varepsilon} = 10^{-10} c^{-1}$ , то найбезпечніший (мінімальний) рівень його тривалої міцності можна прогнозувати за виразом

$$\eta_{lu} = DIF_u^{-4/9}. \quad (6)$$

## ЛІТЕРАТУРА

1. Rüsç, H. (1956). Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Zeit auf Festigkeit und Verformung. IABSE Kongressbericht. 5. 237–244.
2. ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний від 01.06.11]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
3. Ромашко-Майструк О.В., Ромашко В.М. (2023). Основні особливості деформування бетону за дії динамічних навантажень. Зб. наук. праць УкрДУЗТ. Вип. 205. С. 60–70.
4. Ромашко В.М. Деформаційно-силова модель опору бетону і залізобетону: монографія. Рівне: О. Зень, 2016. 424 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ В ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЯХ ВІД ВНУТРІШНІХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

*Рудаков С.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Беднер К.І.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

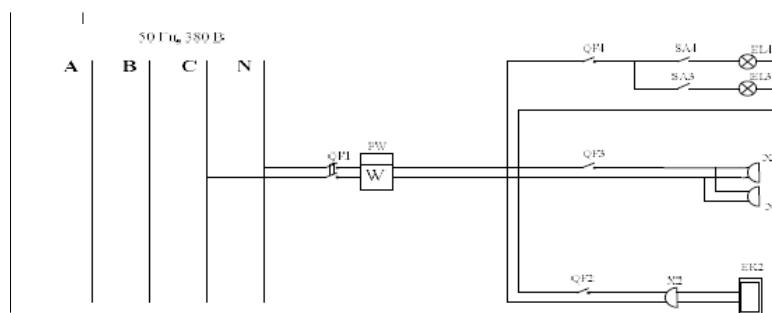
<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області

Згідно з масивом карток обліку пожеж, в Україні за останні роки майже 80 % усіх пожеж виникали на території житлового сектора, з яких 30–40 % – в житлових будинках. Внаслідок пожеж гине 3–4 тис. осіб, з яких 90 % у житловому секторі. Серед основних причин виникнення пожеж майже 25 % залежно від року є порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок

До сьогодні не існує єдиного методу щодо визначення причетності електроустановок до виникнення пожеж. Таким чином, питання пожежної безпеки в електроустановках, а також пошук методів виявлення причин пожеж є важливим і актуальним, і потребує свого вирішення не лише на законодавчому рівні, а й у вигляді оптимальних технічних рішень.

З кожним днем кількість багатофункціональної електропобутової техніки в наших оселях неухильно зростає, тому з підвищенням рівня якості нашого життя, зростає потенційна небезпека під час її щоденної експлуатації, адже сучасна побутова техніка потребує відповідних умов та схем електропостачання для її безпечної експлуатації.

В житлових будинках широко розповсюджена та використовується двопровідникова схема електропостачання (рис. 1), яка також не відповідає сучасним вимогам електроспоживання. Як відомо, практично вся побутова техніка для експлуатації потребує додатковий захисний провід в системі електропостачання, тому використання побутової техніки в існуючих умовах суперечить вимогам правил експлуатації, які визначені нормативно- технічними документами нашої держави та інструкціями виробників електротехнічної продукції.



**Рис. 1. Схема типової квартирної електромережі.**

Низький рівень пожежної безпеки внутрішніх електричних мереж пояснюється рядом чинників: незадовільним технічним станом електричних мереж, що знаходяться в експлуатації, низькою якістю електроприладів і невідповідністю їх стандартам безпеки, відсутністю ефективних служб контролю безпечної експлуатації електроустановок, недотриманням правил пожежної безпеки при експлуатації побутової техніки і дуже низькою ефективністю електричного захисту від аварійних режимів.

На основі існуючих методик встановлення причин виникнення пожеж, переважна більшість висновків стверджує, що КЗ є першопричиною виникнення пожеж, хоча у багатьох випадках пожежі виникають від довготривалих перевантажень. Основною

причиною виникнення коротких замикань є пошкодження ізоляції струмоведучих частин у процесі монтажу і експлуатації, викликаних тепловим старінням ізоляційних матеріалів, перенапруги електромережі, механічними ушкодженнями, агресивним впливом навколишнього середовища, що досить рідко зустрічається на практиці у випадку належної експлуатації внутрішніх електромереж. У зв'язку з цим, твердження про причетність тільки КЗ до виникнення пожеж від внутрішніх електромереж є необґрунтованим.

У реальних умовах дослідити теплові режими внутрішніх електромереж є надзвичайно складно, тому у роботі удосконалено математичну модель, яка базується на законах електротехніки та термодинаміки та описує динамічні процеси нагрівання провідників електричним струмом, який може змінюватись в часі, з похибкою до 12 %, залежно від прийнятих допущень.

Шляхом математичного моделювання встановлено, що допустимим струмом у 18 А провід з площею поперечного перерізу  $1,5 \text{ мм}^2$  нагрівається до  $63,493 \text{ }^\circ\text{C}$ , а це близько до гранично допустимої температури за умови, що температура навколишнього середовища дорівнює  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Проте виникають ситуації, коли температура зовнішнього середовища перевищує  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  і може досягати навіть  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , тому струм 18А, якому відповідає густина струму  $12 \text{ А/мм}^2$ , можна вважати завищеним.

Запропонована математична модель дає змогу розрахувати час нагрівання провідника до гранично допустимої температури залежно від значення густини струму у провіднику, площі поперечного перерізу, питомого опору, а також коефіцієнта значення тепловіддачі, який встановлено експериментальним шляхом. Це дозволяє без виконання фізичних моделей виявити закономірності процесів нагрівання провідників внутрішніх електричних мереж залежно від параметрів та характеристик провідників та умов, в яких вони знаходяться.

На основі проведених металографічних досліджень встановлено, що в умовах КЗ мідних провідників спостерігається формування литої структури у всьому діапазоні досліджуваних температур. Характер руйнування металу режимами КЗ залежить від температури провідника. Розбрикування металу спостерігається при температурах нагрівання  $250$  та  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ , що пов'язане з утворенням міжзеренних пошкоджень і тріщин під дією напружень, викликаних високими температурами, що виділяються іскрами та мікродугами. Ця температура супроводжується випаровуванням матеріалу в локальних мікрооб'ємах. Розбрикування металу під час КЗ при температурах  $19 \text{ }^\circ\text{C}$  та вище  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  не відбувається. Відсутність розбрикування металу при температурах вище  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  пов'язана із його пом'якшенням і відповідною зміною модуля пружності (E) та границі міцності ( $\sigma_b$ ). Із підвищенням температури КЗ відмінність у геометричних параметрах провідників стає більшою.

У зв'язку з тим, що у реальних умовах досліджувати теплові режими внутрішніх електромереж є надзвичайно складно, у роботі удосконалено математичну модель, яка базується на законах електротехніки та термодинаміки і описує динамічні процеси нагрівання провідників електричним струмом, величина якого може змінюватись в часі.

**МОДЕЛЬ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ ПОЖЕЖНИХ  
АВТОМОБІЛІВ В ПІДРОЗДІЛАХ ДСНС**

*Рудаков С.Р.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Коваленко Д.С.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області*

Практика боротьби з пожежами в Україні визначає прямий зв'язок між якістю гасіння пожеж і рівнем оснащення територіальних пожежно-рятувальних гарнізонів пожежними автомобілями. Розглядаючи організаційну систему управління матеріально-технічним забезпеченням територіальних пожежно-рятувальних підрозділів, можна зробити висновок, що збільшення кількості пожежних автомобілів одночасно призводить і до збільшення матеріальних експлуатаційних витрат. Специфіка динаміки загроз, які виникають під час пожеж, визначає необхідність розроблення нових сучасних пожежних автомобілів, що потребує впровадження в наявну модель прийняття рішень додаткового критерію, який характеризує час експлуатації пожежного автомобіля. Тому під час ухвалення рішень щодо розподілу пожежних автомобілів необхідно враховувати одночасно кілька критеріїв. Впровадження додаткового критерію призводить до виникнення методологічного протиріччя, яке полягає в тому, що, з одного боку, модель підтримки управління, яка ґрунтується на більшій кількості критеріїв, є об'єктивнішою та інформативнішою, з іншого боку, збільшення кількості критеріїв визначає суттєве збільшення необхідного обсягу інформаційних ресурсів для застосування моделі на практиці. Для розв'язання цієї суперечності в рамках теорії організаційного управління використовують системи підтримки управління, які дають змогу ранжувати варіанти рішень для їхнього подальшого аналізу та групування, що особливо важливо під час ухвалення рішень в умовах обмежених ресурсів.

На сучасному етапі розвитку людства відбувається актуалізація та вдосконалення управлінських процесів у розгалуженій мережі державних органів. Управління - це систематичний, цілеспрямований, свідомий вплив людей як на суспільство загалом, так і на окремі його ланки (соціальне життя, виробництво, економіку), за допомогою пізнання й використання об'єктивних закономірностей, а також прогресивних тенденцій з метою забезпечення його ефективного функціонування та розвитку.

Через різке збільшення значень спрогнозувати кількість пожеж і наслідки від них на цей період часу неможливо. Проте необхідно враховувати, що наслідки від пожеж часто дуже великі не тільки в матеріальному плані, вони завдають колосальної екологічної шкоди, завдають не тільки шкоди здоров'ю людей, а й забирають людські жертви, тому, досліджуючи підтримку рішень у сфері розподілу мобільних засобів пожежогасіння, вдасться зменшити шкоду, заподіяну пожежами.

Системний аналіз та моделювання екстрених та аварійно-рятувальних підрозділів населених пунктів використовують під час аналізу та розв'язання проблем організаційно-управлінського характеру, який передбачає обґрунтування технічного оснащення служб та їхню необхідну чисельність, місць дислокації, а також детальну оцінку можливостей цих служб, що допомагає вивчити готовність пожежної техніки в конкретному гарнізоні.

Виділяють 2 види управління системами безпеки населених пунктів:

1) Оперативне, яке передбачає управління поточним на даний момент часу процесом функціонування всіх аварійно-рятувальних служб міст, а також містить основні необхідні дії: приймання та опрацювання повідомлення про ситуацію, висилання оперативних підрозділів до місця виклику та ін.

Розвиток комп'ютеризації у світі спричинив необхідність упровадження інформаційного забезпечення та відповідних дій з оперативного управління у великих містах, тому з'явилися автоматизовані системи управління системами безпеки, які передбачають розв'язання не тільки повсякденних завдань, а й збирають і частково обробляють основну оперативну інформацію. Нині географічні інформаційні системи (далі – ГІС) дають змогу частково розв'язати завдання оперативного управління автоматизованих систем управління. ГІС здійснює стеження за переміщенням пожежних автомобілів по місцевості в режимі реального часу, а також визначає її стан.

Стратегічне, яке передбачає довгострокове планування розвитку, а також реорганізацію систем безпеки з огляду на розрахунки з виведенням точок будівництва нових необхідних пунктів дислокації підрозділів аварійних служб, оснащення та переоснащення наявних підрозділів; обґрунтування чисельності особового складу тощо. При цьому важливо вести дані дослідження з урахуванням "генеральних планів розвитку міста, прогнозів динаміки обсягу і характеру діяльності систем безпеки міст, різноманітність часових і просторових закономірностей і багато іншого". Застосування цієї моделі реалізується у розв'язанні проблеми однакового використання статистичних методів для всієї сукупності даних, щоб унеможливити суперечливі висновки, адже її основа - це застосування методів теорії графів, що наочно відображає всі взаємозв'язки між тими, хто чинить (або не чинить) вплив на діяльність пожежних підрозділів.

Запропоновано модель підтримки управління розподілом пожежних автомобілів у територіальні пожежно-рятувальні підрозділи, яка враховує оцінки за критеріями оперативної, технічної готовності та оснащеності сучасними пожежними автомобілями гарнізони, яка дає змогу формалізувати процедуру ранжування й угруповання варіантів для обґрунтованого ухвалення рішень у сфері розподілу пожежних автомобілів.

Розроблено комплекс алгоритмів угруповання та ранжування територіальних пожежно-рятувальних частин у порядку переважності для оснащення з метою підтримки управління розподілом пожежних автомобілів.

Запропоновано способи візуалізації процедури для зручності застосування особою, яка приймає рішення щодо розподілу пожежних автомобілів у територіальні пожежно-рятувальні частини.

Створено інформаційну систему підтримки ухвалення рішень під час розподілу пожежних автомобілів, що містить інформаційні ресурси (бази даних, програму з розрахунку критеріїв і програмний комплекс багатокритеріального аналізу). Застосування системи на практиці дасть змогу обґрунтовано ухвалювати управлінські рішення щодо розподілу пожежних автомобілів на основі групування та ранжування пожежно-рятувальних підрозділів.

Запропонована модель переведе процес підтримки управління розподілом пожежними автомобілями, згодом і правильність ухвалення рішення щодо оснащення парку пожежно-рятувальної техніки, на якісно новий рівень. Це дасть змогу особі, яка ухвалює рішення, обрати регіон із мінімальними показниками та підвищити в ньому оснащення необхідною технікою.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ СТУПЕНЯ ТЕРМІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ МАТЕРІАЛІВ НА МІСЦІ ПОЖЕЖІ

*Рудаков С.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент*

*Саньков Д.І.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

*<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Луганській області*

Існують злочини, які пов'язані з пожежами. При розслідуванні таких злочинів основним завданням є правильно встановити місце початкового горіння, а також виходячи з цього, причину його виникнення. Дані дії вимагають спеціальних знань та технічних засобів у зв'язку з тим, що місце пожежі є складним об'єктом дослідження.

Якісне розслідування пожеж дозволяє знизити кількість пожеж шляхом правильного вибору курсу профілактичних заходів, а також в результаті неминучості покарання за правопорушення, пов'язані з пожежною безпекою.

Актуальність проблеми якісного розслідування пожеж із кожним роком стає все очевидніше. Встановлення початкового місця і істинної причини виникнення горіння є важливим аспектом правової держави, у частині притягнення винних осіб до відповідальності та відшкодування збитків за результатами пожежі. Тому необхідно розробити універсальний метод контролю ступеня термічних ушкоджень матеріалів на місці пожежі і встановити місце первинного виникнення горіння, з допомогою одного приладу. Даний метод дозволить спеціалісту частіше застосовувати технічні засоби і підвищити якість розслідування пожеж.

В результаті горіння виникають ушкодження матеріалів, які розташовані в певною області. У місці початкового горіння (осередку пожежі) ушкодження матеріалів більш значні через тривалий вплив температури у цій галузі. Особливо явно виражені сліди осередку пожежі формуються в результаті нерозвиненої пожежі. Недостатній повітрообмін, мала потужність джерела запалення, властивості матеріалу здійснюють прямий вплив на режим горіння.

Основною ознакою шляхів поширення пожежі є поступове зменшення від вогнища термічних ушкоджень матеріалів. Пожежно-технічні фахівці на великих пожежах намагаються подивитися на об'єкт пожежі зверху, повністю, для встановлення зони з найбільшими термічними ушкодженнями. Спрямованість поширення горіння визначають за допомогою інструментальних методів контролю ступеня термічних ушкоджень матеріалів.

Вторинними осередками горіння прийнято називати зони, в яких на відміну від осередку пожежі інтенсивне горіння відбувається через зосередження горючих матеріалів або є умови збільшення інтенсивності горіння (повітрообмін) або гасіння підрозділами ДСНС, а формування найбільшого ступеня термічних ушкоджень відбувається в ході розвитку пожежі. У результаті розтікання та плавлення горючих речовин також можуть утворюватися вторинні осередки горіння.

В осередку пожежі ступінь термічних ушкоджень матеріалів більше, чим в інших зонах, внаслідок більш тривалого горіння, за рівних умов зосередження пожежних навантажень і повітрообміну в приміщенні. Також в результаті більш тривалого проміжку часу горіння розвивається інтенсивніше в даної зоні. Таким чином, температурний вплив на речовини, матеріали та вироби в зоні вогнища пожежі вищі порівняно з іншими дільницями пожежі.

Для можливості оцінки та контролю ступеня термічних пошкоджень матеріалів, предметів і конструкцій за допомогою інструментальних методів необхідно:

а) вибрати фізичну характеристику, яка змінюється під дією температури. Дана залежність умовної характеристики від температури повинна бути в діапазоні зміни, характерному для режиму горіння;

б) використовувати інструментальний метод і засіб його реалізації, що дозволяють визначити кількісно характеристику матеріалу та диференціювати ступінь пошкодження в результаті впливу обраного небезпечного фактору пожежі різної інтенсивності та тривалості.

Для оцінки ступеня термічних пошкоджень матеріалів використовують температуру та час.

Відомі інструментальні методи для оцінки і контролю ступеня термічних пошкоджень речовин та матеріалів на місці пожежі:

- спосіб визначення місця виникнення пожежі, який полягає в визначенні інтенсивності люмінесценції екстрактів проб обвуглених залишків деревини, відібраних у різних зонах пожежі;

- спосіб, який полягає в визначенні швидкості поширення ультразвукових хвиль в бетонних та залізобетонних конструкціях.

До недоліків цих способів можна віднести досить обмежену сферу їх застосування – об'єктом дослідження можуть бути лише конструкції та вироби на яких є кіптяву. На пожежі в зонах відкритого горіння та при температурах більше 600 0С кіптява відсутня, що робить неможливим застосування даного способу в зв'язку з відсутністю об'єкта дослідження.

Прпонується проводити інструментальне дослідження матеріалів після пожежі в 3 етапи:

1 етап – вибір об'єктів дослідження та оцінка можливості проведення вимірів;

2 етап – проведення вимірювань за допомогою приладу контролю термічних ушкоджень;

3 етап - аналіз і встановлення зон з найбільшими термічними ушкодженнями, виявлення осередкових ознак і ознак поширення пожежі.

На першій стадії виготовляється візуальне дослідження збережених конструкцій на місці пожежі. При необхідності проводиться попередня підготовка поверхонь матеріалів для проведення вимірювань (очищення від пожежного сміття).

На другому етапі вибираються точки дослідження з побудовою плану-схеми вимірювань та за допомогою приладу проводяться вимірювання колірних характеристик об'єкта

На третьому етапі, на підставі отриманої інформації, виготовляється аналіз і визначається зона з максимальними термічними ушкодженнями. Далі відбувається ідентифікація осередкових ознак і ознак поширення пожежі та в висновку встановлюється місце займання пожежі.

Дослідження необхідно проводити після повної ліквідації пожежі та відсутності небезпечних чинників пожежі, диму, на збережених будівельних конструкціях та матеріалах.

Для порівняльного аналізу ступеня термічних ушкоджень конструкції і матеріали повинні бути однорідні та ідентичні.



**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОЖЕЖУ ТА  
УПРАВЛІННЯ ЕВАКУЮВАННЯМ ЛЮДЕЙ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ***Савостьянов В.О.<sup>1</sup>, Черпаха Р.Е.<sup>2</sup>**Грушвінчук О.В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у м. Києві,**<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,**<sup>3</sup>Державний центр сертифікації ДСНС України*

Пожежі завдають величезних матеріальних збитків і в низці випадків спричиняють людські жертви. Проблема загибелі людей під час пожеж - предмет особливого занепокоєння. Тому захист від пожеж є найважливішим обов'язком кожного члена суспільства і проводиться в загальнодержавному масштабі. Розв'язання цієї проблеми вимагає реалізації комплексу наукових, технічних і організаційних завдань.

Протипожежний захист повинен забезпечуватися найбільш ефективними, економічно доцільними і технічно обґрунтованими способами і засобами запобіганням пожежам та їх ліквідації з мінімальними збитками при найбільш раціональному використанні сил й технічних засобів гасіння. Пожежна безпека – це стан об'єкта, за якого виключається можливість пожежі, а в разі її виникнення вживають необхідних заходів для усунення негативного впливу небезпечних факторів пожежі на людей, споруд та матеріальних цінностей.

Пожежна безпека може бути забезпечена заходами пожежної профілактики та активного/пасивного протипожежного захисту. Пожежна профілактика включає комплекс заходів, спрямованих на запобігання пожежі або зменшення її наслідків.

Евакуація людей у разі небезпеки є однією з основних проблем людського суспільства, непередбачені сценарії надзвичайних ситуацій, обмежений час для дій та/або реагування - призводить до втрати життя через відсутність часу, необхідного для безпечної евакуації в загрозовій будівлі, хибний напрямок евакуації.

Найбільш вразливими та складними за напрямком організації безпечної та своєчасної евакуації – є заклади освіти. Вони становлять з себе об'єкти де перебуває велика кількість дітей, розміщених в більшості випадках в будівлях старої забудови.

Заходи зі своєчасного оповіщення про пожежу, управління та скорочення часу евакуації дітей по безпечним шляхам – є важливим науковим завданням.

У пошуках рішення системи були розроблені різні типи для сповіщення або попередження людей про наявність пожежі, щоб вони могли діяти вчасно. Незважаючи на наявність таких систем, ефективність евакуації не була реалізована в повною мірою, та відкриває простір для додаткових досліджень і вивчення.

Дослідження показують, що значна кількість смертей відбувається через неправильні рішення, прийняті людьми в межах наявного часу евакуації. Крім того, управління людьми під час евакуації виявляється більш ефективним, оскільки він зменшує середній час евакуації, тим самим збільшуючи ймовірність виживання в умовах пожежі.

Для евакуації використовуються розроблені для них плани евакуації, щоб допомогти евакуюватись під час пожежі чи надзвичайній ситуації. Плани обмежені тим, що вони прямо не повідомляють, про шляхи евакуації які не придатні до використання, а наявні системи протипожежного захисту лише сповіщають про факт виникнення пожежі.

Актуальність та наукова важливість цього дослідження обумовлюється тим, що ефективність системи управління евакуацією людей під час пожежі має важливе значення для безпеки будь-якої будівлі.

Умови блокування під час екстреної евакуації створюють велику проблему для будь-якої системи керування евакуацією.

Відсутність інформації про місце розташування пожежі, значення впливу небезпечних факторів пожежі та стан евакуаційних шляхів, може погіршити безпечну евакуацію людей із приміщень будівлі великої площі чи складного планування.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що підвищити безпеку евакуації можна, якщо забезпечити розподіл потоку, що евакууються із закладів освіти при пожежі людей за найбезпечнішими маршрутами.

Для оцінки доступності шляхів евакуації різні технології і продукти можуть бути об'єднані в повну концепцію (наприклад, пожежний сповіщувач, пристрій контролю параметрів шляхів евакуації, відеокамери, (оптичні, акустичні, тактильні) пристрої сигналізації, ліфти, стаціонарні та мобільні телефони, месенджери та системи управління будівлею. З допомогою визначеної інформації про доступність шляхів евакуації можуть бути адресовані сигнали, що вказують шлях, і може бути показано найбільш безпечний маршрут евакуації. Таким чином, можливо блокування і закриття небезпечних шляхів евакуації використовуючи адаптивні світильники.

Мета дослідження полягає у створенні рекомендації щодо застосування удосконалених систем управління евакуацією людей при пожежі із закладів освіти використовуючи адаптивні світильники.

Адаптивна система розпізнає, якщо шлях евакуації більше недоступний (наприклад, дим, газ, захаращення), автоматично перенаправляє напрямки евакуації за допомогою оптичного та акустичного позначення безпечних шляхів евакуації (1,2).

Приклад роботи адаптивної системи евакуації – евакуаційний світильник над евакуаційним виходом вказує, що далі евакуаційні шляхи заблоковані небезпечними факторами пожежі (рис. 1).



**Рис. 1. Адаптивні світильники та їх робота в різних режимах.**

Теоретична важливість дослідження полягає у розробці заходів, що підвищують ефективність систем оповіщення та управління евакуацією та рівня безпечної евакуації.

Практична значущість дослідження полягає у впровадженні на об'єкті заходів, спрямованих на забезпечення безпеки при евакуації людей із приміщень закладів освіти під час пожежі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Safety and Emergency Lighting. URL: <https://www.stonexsl.com/en/adaptive-evacuation-emergency-lighting> (дата звернення: 01.03.2024).
2. Eaton. Adaptive evacuation. URL: <https://www.eaton.com/gb/en-gb/markets/buildings/how-we-drive-building-efficiency-and-safety/safe-evacuation/adaptive-evacuation.html> (дата звернення: 01.03.2024).

## УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ПОЖЕЖНОЇ ТА АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Самойлов М.О.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Готовність пожежно-рятувальних підрозділів до виконання завдань за призначенням безпосередньо залежить не тільки від наявності підготовленого особового складу, а й від забезпеченості всіма видами необхідних матеріально-технічних ресурсів, станом пожежно- та аварійно-рятувальної техніки (ПАРТ), насамперед пожежних чи аварійно-рятувальних автомобілів, що визначають їхню технічну готовність. Заходи щодо забезпечення пожежно-рятувальних підрозділів ПАРТ та підтримці її у стані, що забезпечує готовність до застосування, проводяться посадовими особами в рамках технічного забезпечення, що є складовою системи матеріально-технічного забезпечення (МТЗ).

Прийняття різних управлінських рішень в ході технічного забезпечення базується на різноманітній інформації про зразки мобільних технічних засобів (ідентифікаційних даних, тактико-технічних характеристиках, експлуатаційних параметрах і т. д.), найбільш змістовною з якої є інформація про технічний стан мобільного технічного засобу, зокрема ПАРТ. З метою забезпечення якості та оперативності обробки інформації про стан наявних у підрозділі зразків ПАРТ, необхідної органам технічного забезпечення для підготовки управлінських рішень щодо забезпечення підрозділів ПАРТ, матеріальними та фінансовими засобами, планування капітального ремонту ПАРТ, проводиться категорювання ПАРТ, тобто віднесення зразка ПАРТ чи майна залежно від його технічного стану до однієї з встановлених категорій.

Категорії з технічного стану можна використовувати при вирішенні різних управлінських завдань.

В ідеальному випадку перехід зразка ПАРТ з одного якісного стану в інший (відповідно з однієї категорії з технічного станом в іншу) має здійснюватися у певний час – при досягненні певного значення норми напрацювання або за певного терміну служби, що є основою для побудови планово-попереджувальної системи ремонту ПАРТ.

Планово-попереджувальна система ремонту ПАРТ спрямована на попередження відмов, підтримки та своєчасного відновлення ресурсу в обсягах, достатніх для забезпечення працездатного стану ПАРТ до чергового планового технічного впливу протягом всього заданого терміну служби.

Відповідно планово-попереджувальна система побудована на аналізі залежності інтенсивності відмов від терміну служби (рис. 1). Виділяється три етапи інтенсивності відмов  $\lambda$  :

I етап - доопрацювання;

II етап – нормальна експлуатація;

III етап – знос (старіння).

У ході аналізу технічного стану ПАРТ було встановлено межі етапів, які нормативними документами ДСНС України описані відповідними категоріями з технічного стану.

З метою недопущення зростання відмов при переході до III етапу планово-попереджувальної системи ремонту передбачається проведення планових ремонтів: середнього та капітального ремонту, які служать у тому числі й для відновлення ресурсу ПАРТ.

Таким чином, відповідальна особа при прийнятті рішення про організацію експлуатації ПАРТ повинна мати інформацію про дані етапи.

Тривалість I етапу, як правило, відповідає гарантійному терміну служби зразка, і описується I категорією з технічного стану.

Етапи нормальної експлуатації описуються II категорією за технічним станом зразка.

Етапи зносу, що свідчать про необхідність вжиття заходів щодо повернення зразка до умов нормальної експлуатації, відповідають III та IV категоріям з технічного стану.



**Рис. 1. Залежність інтенсивності відмов від терміну служби.**

Час перебування зразка у готовності до використання  $T_{\text{готовності}}$  залежить виключно від часу перебування зразка ПАРТ у I-ій та II-ій категорії за технічним станом ( $t_I$  і  $t_{II}$ ) відповідно:

$$T_{\text{готовності}} = t_I + t_{II} \quad (1)$$

$$T_{\text{готовності}} = T_{\text{зразку}} - t_{III} - t_{IV} \quad (2)$$

Як видно з формули (2), час перебування зразка в готовності до використання безпосередньо залежатиме від часу перебування в III і IV категоріях за технічним станом або від того, наскільки швидко буде встановлено, що зразок знаходиться в стані, що відповідає даним категоріям.

Отже завдання підтримки посадових осіб, у цьому випадку, полягає у своєчасному визначенні якісного стану зразка та зведенні до мінімуму часу  $t_{III}$ ,  $t_{IV}$ :

$$t_{III} \rightarrow \min \quad \text{и} \quad t_{IV} \rightarrow \min.$$

Таким чином, своєчасне виявлення зразків ПАРТ, які належать до III та IV категоріям за технічним станом, дозволяє скоротити час знаходження зразка у стані неготовності до використання.

Застосування запропонованого алгоритму категорювання за технічним станом зразків ПАРТ дозволить підвищити якість та забезпечити своєчасність прийняття управлінських рішень щодо забезпечення часу перебування зразка у готовності до використання  $T_{\text{готовності}}$ . При цьому розгляд категорії з технічного стану, як функції, уможливує створення єдиного підходу до оцінки стану зразків ПАРТ, а також створення в подальшому єдиної системи контролю технічного стану мобільних технічних засобів ДСНС України.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПОРОЖНИСТОЇ ПЛИТИ ВІД ВОЛОГОСТІ БЕТОНУ

*Сідней С.О., к.т.н.,*

*Некора О.В., к.т.н., с.н.с.,*

*Швиденко А.В., к.т.н., доцент,*

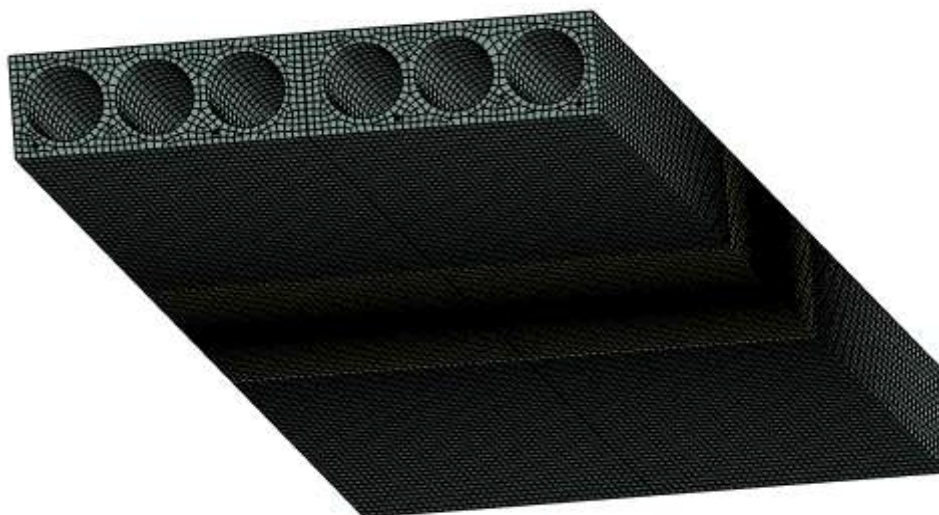
*Куліца О.С., к.т.н., доцент*

*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

У роботі представлені результати обчислювальних досліджень при оцінюванні межі вогнестійкості залізобетонної порожнистої плити за допомогою математичного моделювання.

Мета дослідження полягає у визначенні залежності межі вогнестійкості досліджуваної конструкції від питомої теплоємності бетону із вологістю 0%, 1,5% та 3% [1]. Реалізація обчислювальних експериментів залізобетонної порожнистої плити в умовах теплового та механічного впливу проводилась за допомогою програмного комплексу ANSYS WB із використанням методу скінченних елементів [2]. Розрахунок щодо оцінювання вогнестійкості досліджуваної конструкції проводився за допомогою уточненого методу, що надає можливість отримувати найбільш достовірні результати в порівнянні з іншими розрахунковими методами [1, 3].

Скінченна елементна модель залізобетонної порожнистої плити (рис. 1) складена із врахуванням найбільш небезпечних місць в перерізі в умовах експлуатації конструкції, а саме по середині, де виникає максимальний згинальний момент.



**Рис. 1. Скінченна елементна модель залізобетонної порожнистої плити.**

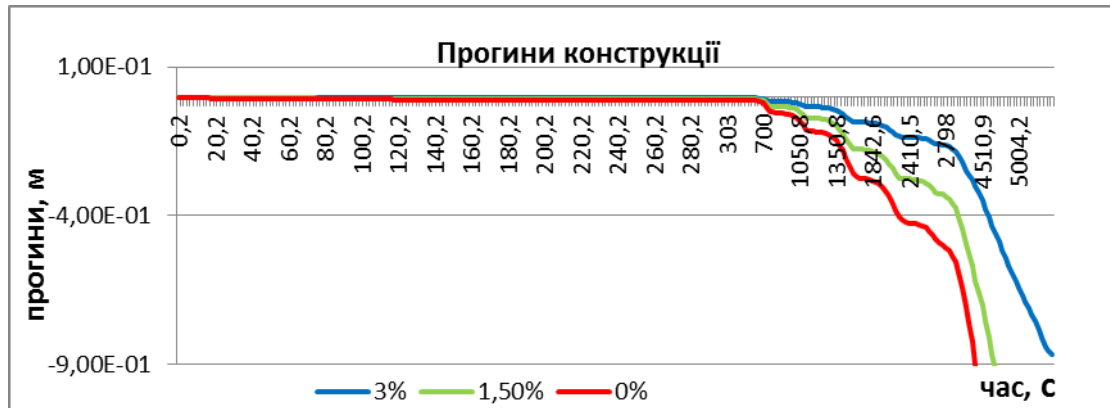
Оцінювання вогнестійкості залізобетонної порожнистої плити проводилось за ознаками настання граничного стану з вогнестійкості, а саме втрати несучої здатності.

$$D = \frac{l^2}{400h}, \quad (1)$$

$$\left( \frac{dD}{dt} \right) = \frac{l^2}{9000h}, \quad (2)$$

Таким чином, максимально допустимий прогин досліджуваної конструкції з прольотом плити 5,7 м становить 369,2 мм, а граничне значення швидкості наростання деформації 16,4 мм/хв [4].

Тепловий вплив відтворювався відповідно до стандартного температурного режиму пожежі з нижньої сторони плити починаючи з 300 с, після покрокового механічного навантаження у розмірі 4 кПа. Результати обчислювальних експериментів щодо визначення прогину залізобетонної порожнистої плити наведені на рис. 2.



**Рис. 2. Прогин залізобетонної порожнистої плити в умовах впливу теплового та механічного навантаження.**

За результатами проведених обчислювальних експериментів встановлено, що межа вогнестійкості залізобетонної порожнистої плити з вологістю бетону на рівні 3 % складає 70,1 хв, при 1,5 % – 42,3 хв, а при 0 % – 31,6 хв відповідно. Таку тенденцію можливо пояснити за рахунок необхідності більшої кількості енергії для прогріву конструкції внаслідок ендотермічної реакції випаровування вологи з бетону, що уповільнює прогрівання плити та збільшує межу вогнестійкості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT)
2. Kovalov, A., Purdenko, R., Otrosh, Y., Zolotova, N., Suprun, O. (2022). Assessment of fire resistance of fireproof reinforced concrete structures Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5(1–119). 53–61.
3. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
4. ДСТУ EN 1363-1:2023. Випробування на вогнестійкість. Частина 1.

УДК: 614.841

**ОСОБЛИВОСТІ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СТУМОВИХ ПЕРЕНАВАНТАЖЕНЬ  
ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ З'ЄДНУВАЧІВ***Соляник Н.Ю.,**Гавриляк Б.М.,**Назаровець О.Б., к.т.н., доцент**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Забезпечення пожежної безпеки та регламентної роботи фотоелектричних систем в сьогодні є невід'ємною частиною безпеки життєдіяльності власників таких об'єктів, а також оперативно-рятувальних служб цивільного захисту, що ліквідують наслідки надзвичайних ситуацій на них. Стрімке збільшення використання фотоелектричних систем в приватному секторі українців обумовлює покращення рівня пожежної безпеки даних систем та їхніх компонентів. Оскільки, фотоелектричні з'єднувачі та провідники є вразливими до зміни параметрів стуму, напруги та температури в системі – вони є найбільш можливими осередками, що швидко зазнають термічної деструкції та поширюють пожежу при позарегламентній роботі фотоелектричної системи.

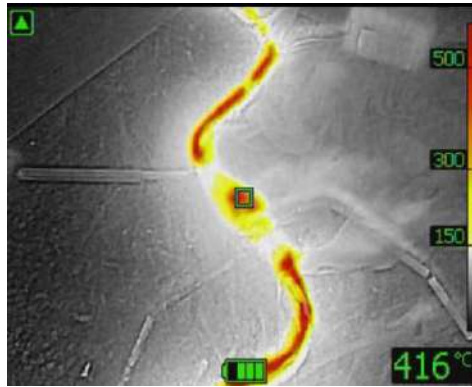
Як показало дослідження [1], при швидкій зміні параметрів струму з'єднувачі та провідники швидко втрачали свою цілісність, що супроводжувалось сильним димоутворенням компонентів, що найбільше зазнали термічної деструкції.

На рисунку 1 зображено момент втрати цілісності провідника внаслідок короткого замикання, що вказує на невідповідність кабельно-провідникової продукції, що позиціонує себе на ринку, як фотоелектричний. У всіх дослідях де використовувався даний вид провідника спостерігалась: швидка втрата цілісності ізоляції, висока температура та задимлення.



**Рис. 1. Момент втрати цілісності внаслідок короткого замикання провідника для з'єднання фотоелектричних систем.**

Провідник для з'єднання фотоелектричних систем за 23 хвилини повністю втратив як ізоляційну, так і провідну здатність. За однаковий проміжок часу та ідентичних умов провідник вітчизняного зразка також втратив ізоляцію, проте залишилась на провіднику. Максимальна температура на провіднику, зафіксовано за допомогою тепловізора – 416 °С (рисунок 2). Інтенсивність димоутворення спостерігалась у двох зразках. Зі збільшенням параметрів на автотрансформаторі – збільшувалась температура, а також візуально спостерігався незворотній екзотермічний процес, що в результаті призвів до остаточної термічної деструкції та виведення компонентів з ладу.



**Рис. 2. З'єднувач та провідники на 22 хв випробування, сила струму становить 166 А.**

На рисунку 3 зображені провідники, після проведення випробувань. Провідник, що на рисунку 1b вітчизняного зразка порівняно з провідником, що на рисунку 1с краще поводить в умовах струмового перенавантаження.

При встановленні фотоелектричних систем із несертифікованими провідниками та з'єднувачами можливість утворення перенавантаження, короткого замикання, великих перехідних опорів та електричної дуги значно зростає. Запобігти даним ризикам можна за рахунок використання якісного обладнання та унеможливити з'єднання між собою конструктивних елементів з'єднувача різних виробників [4]. Трикратне перенавантаження з'єднувачів та провідників за допомогою автотрансформатора, дало змогу дослідити їх поведінку під час позарегламентної роботи з точки зору пожежної безпеки та визначити оптимальні значення поперечного перерізу провідників для під'єднання до з'єднувачів, що зменшить ризик утворення короткого замикання, електричної дуги та загорання [3]. Це невід'ємна частина безпеки під час експлуатації фотоелектричних систем, оскільки з'єднувачі та провідники – це компоненти системи, що безпосередньо контактують з поверхнею до якої кріпляться фотоелектричні системи.



**Рис. 3. З'єднувач (а) та провідники (b), (c) після випробування.**

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Solyanyk, N., Nazarovets, O., & Rudyk, Y. Випробування з'єднувачів фотоелектричних систем за термічними показниками пожежної безпеки. Пожежна безпека. 43. 2023. С. 144–152.
2. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 476 від 21.07.2017 «Про затвердження Правил улаштування електроустановок».
3. International energy agency photovoltaic power systems programme. URL: <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/11/IEA-PVPS-Report-T13-25-2022-OandM-Guidelines.pdf> (дата звернення 13.02.2024).
4. Fire and Solar PV Systems – Investigations and Evidence. URL: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a81d3c340f0b62302699602/fire-solar-pv-systems-investigations-evidence.pdf> (дата звернення 13.02.2024).



УДК 624.1

**АКТУАЛЬНІСТЬ ПІДЗЕМНОГО БУДІВНИЦТВА В УКРАЇНІ З УРАХУВАННЯМ СУЧАСНИХ УМОВ***Тараненко І.С., ад'юнкт**Національний університет цивільного захисту України*

Актуальність підземного будівництва в рамках сучасної України є важливим питанням сьогодення. Підземний паркінг є важливим об'єктом в інфраструктурі великих міст з високою щільністю населення. З плином часу спостерігається збільшення кількості автотранспорту в містах, що призводить до нестачі місць для паркування. Економія місця в тісно забудованих ділянках міста – важливий аспект. Підземні парковки можуть стати ефективним рішенням для вирішення цього питання та забезпечення достатньої кількості паркомісць.

Підземні парковки вважаються сучасним та зручним способом стоянки автомобілів мешканців багатоквартирних будинків [1].

До переваг підземного паркінгу можна віднести :

- розташування безпосередньо під житловим будинком, тому не займає вільної площі. Основна проблема наземних парковок у тому, що вони займають багато місця, через що у дворі буває складно розминутися двом легковим автомобілям, не кажучи вже про габаритний спецтранспорт (наприклад, пожежні, військові машини);

- гаражні умови зберігання машини, а саме, транспортний засіб стоїть у теплому приміщенні, на нього не потрапляють опади, отже, він довше зберігає свій початковий вигляд;

- високий рівень безпеки, а саме, підземні паркінги добре охороняються, і стороннім особам складно потрапити до них. Це забезпечує збереження автомобіля не тільки від викрадення, а й від випадкових/навмисних ушкоджень третіми особами;

- високий рівень комфорту, а саме, зазвичай потрапити до паркінгу можна просто з ліфта, що дуже зручно. Власнику транспортного засобу не доводиться витратити зайвий час, щоб дійти до свого транспортного засобу. Крім того, розмір машиномісця в підземному паркінгу дає можливість легко запаркувати автомобіль і так само легко виїхати;

- забруднення повітря, а саме, збільшення автомобільного трафіку призводить до збільшення забруднення повітря в містах. Розміщення парковок під землею може зменшити кількість автомобілів, які шукають місця для паркування на поверхні, тим самим допомагаючи зменшити викиди шкідливих речовин;

- естетика та розбудова міст, підземні парковки можуть допомогти зберегти естетичний вигляд міста, особливо в історичних чи культурних районах, де будівництво великих паркінгів на поверхні може порушити архітектурну гармонію;

- комплексний розвиток інфраструктури, а саме введення підземних парковок може бути частиною стратегії комплексного розвитку міської інфраструктури, що спрямована на поліпшення мобільності та зручностей для мешканців.

Одним із можливих методів вирішення проблеми організації автостоянок є влаштування їх у нижні поверхи громадських будівель різного призначення.

Узагальнення закордонного та вітчизняного досвіду проектування та будівництва дозволило визначити, що одними з перших прикладів вбудованих паркінгів (гаражів) є житлово-офісні центри та будівлі в яких було сконструйовано підземні автостоянки. Будівництво цих центрів та будівель дало поштовх до архітектурно-планувальної організації будівель та споруд для раціонального вирішення паркінгу в нижніх підземних поверхах житлових будинків і громадських споруд [2].

В умовах високої щільності забудови міст України розвивається спосіб забудовування в нижні поверхи громадських будівель і споруд. Особливо цей прийом буде затребуваний при переході автотранспорту на електротранспорт.

Разом з тим, аналіз вітчизняних нормативних актів щодо розміщення автостоянок показує відсутність положень про можливість їх влаштування в нижніх підземних поверхах громадських будівель і споруд. Проте в країнах СНД і в розвинутих країнах світу існують такі положення, які сприяють підвищенню рівня комфортності комунальних послуг і дозволяють раціонально та інтенсивно використовувати місто. За результатами досліджень та пропозицій слід зазначити, що практика проектування та будівництва надає можливість застосування існуючих вимог чинних державних будівельних норм України для підземних гаражів, які необхідно розширити та для автостоянок (гаражі), розташовані на нижніх надземних поверхах інших будівель, зокрема громадських [2].

Наземні паркінги простіші в будівництві та менш затратні в експлуатації, але тенденція йде до всього нового, більш ефективного та якісного. Наземні паркінги займають багато місця для забудови та не всюди є доцільними. Розташовані на відносно довгій відстані від житлових будинків до автомобілів, тому це не є комфортним. Особливу увагу приділено не раціональному використанню території при функціональному плануванні громадських центрів сучасних міст, що призводить до дефіциту медичних, освітніх та соціальних закладів.

У свою чергу, запровадивши цей тренд, окрім економії земельної площі під об'єкти соціальної інфраструктури, місто отримає розвинену мережу бомбосховищ з усіма необхідними комунікаціями, які постійно підтримуватимуться в належному стані за рахунок комерційних структур. Отже, державі знадобиться менше витрат на будівництво та утримання бомбосховищ, які так необхідні сьогодні в умовах війни та ворожої агресії. Актуальним залишається питання забезпечення безпеки – підвищення рівня пожежної безпеки [3, 4].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Kushwaha, A., Saini, A., Shukla, Dr. S. (2022). Analysis of Parking Facility in an Urban City Using Geospatial Technology: A Case Study Mahanagar Underground Parking Lucknow. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 10 (2). 747–757.
2. Tretiak, A. (2017). Features of designing underground parkings in the historical zones of the biggest cities of Ukraine. *Polonia University Scientific Journal*. 25(6). 95.
3. Тараненко І.С., Рашкевич Н.В. Питання підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій в умовах сьогодення. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 75–77.
4. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Рудаков С.В., Томенко В.І., Юрченко С.П. Вогнестійкість вогнезахисених сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів. *Проблеми надзвичайних ситуацій* № 1(37). 2023. С. 282–292.

**АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ДОВІДКОВО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ПРИДАТНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ БАЗИ ДАНИХ РЕЄСТРУ ПАСПОРТІВ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ**

*Тесленко О.М.,  
Доценко О.Г.,  
Цимбалістий С.З.,  
Крикун О.М.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Сучасне управління ризиками надзвичайних ситуацій (далі – НС) техногенного та природного характеру передбачає ефективне використання інформаційних технологій для збору, аналізу та збереження даних. Важливою складовою управління ризиками є паспортизація територій з метою оцінки потенційних небезпек та розробки заходів цивільного захисту, особливо в умовах воєнного періоду.

У нашій державі діюча нормативно-правова база у сфері запобігання і реагування на НС техногенного та природного характеру не в повній мірі відповідає сучасним міжнародним вимогам. Такий стан справ вимагає здійснення в Україні невідкладних заходів щодо удосконалення державної політики у сфері запобігання і реагування на НС техногенного та природного характеру, а курс на європейську та євроатлантичну інтеграцію передбачає міжнародне співробітництво з цих питань.

Згідно з п. 19 статті 17<sup>1</sup> [1] центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, має здійснювати прогнозування ймовірності виникнення НС та районування території України щодо ризику виникнення НС. Задля цього органи місцевого самоврядування проводять паспортизацію територій своїх громад стосовно ризиків виникнення НС. Керівним документом для проведення паспортизації територій є чинний наказ [2]. Процес паспортизації передбачає складання Паспорта ризику виникнення НС техногенного та природного характеру, форма якого наведена в наказі [2].

Паспортизація передбачає складення і ведення паспортів ризику виникнення НС техногенного та природного характеру у електронній та паперовій формах. Паспорт ризику є документом, який містить структуровані дані про окрему адміністративно-територіальну одиницю. Електронна форма паспорта ризику є автоматизованою довідково-інформаційною системою, яка призначена для ведення та редагування узагальненого паспорта та регіональних паспортів ризику виникнення НС. Вона також здатна здійснювати пошук, аналіз інформації, що міститься у паспортах та генерацію звітів на основі результатів аналізу.

Україна, як країна з високим рівнем ризику виникнення НС потребує створення ефективної системи збору та обробки інформації про ризики на рівні регіонів. Запропоновано використання геоінформаційних систем (далі – ГІС) з метою оцінки ризику виникнення НС техногенного та природного характеру. ГІС надають розширені можливості для аналізу просторових даних та їх взаємозв'язків, що дозволяє отримати більш повну та точну картину розподілу ризиків на території.

Застосування ГІС сприяє покращенню візуалізації результатів аналізу, що дозволяє зрозуміти складну просторову інформацію та передати її в зручній формі для прийняття рішень. Завдяки цьому стає можливим розробка ефективних планів

цивільного захисту, а також раціональне розподілення ресурсів та координацію дій у разі НС.

До можливостей з оцінювання, які надають зазначені функції належать:

- інформаційно-довідкова функція стосовно явищ, які обумовлюють ризик;
- функція автоматизованого картографування і обробки техногенно-небезпечних територій чи об'єктів;
- функція просторового аналізу і моделювання явищ і процесів, які обумовлюють ризик;
- функція моделювання процесів виникнення аварій та катастроф;
- функція підтримки прийняття рішень стосовно зниження загроз і ризиків.

Зазначені функції тісно пов'язані із задачами, що вирішуються. Цей зв'язок суттєвим чином впливає на тенденції розвитку ГІС, як на програмний засіб та середовище користування. До сучасних тенденцій розвитку і застосування геоінформаційних технологій для оцінки ризиків та загроз виникнення НС на об'єктах критичної інфраструктури належать:

- створення і підтримка на основі геоінформаційних технологій численних регіональних інформаційних систем для аналізу та обробки даних щодо природних небезпек і їх використання для оцінки ризиків та загроз на об'єктах критичної інфраструктури;
- широке впровадження систем оповіщення у реальному часі на об'єктах критичної інфраструктури і їх поєднання з геоінформаційними системами;
- моделювання НС на об'єктах критичної інфраструктури і розробка заходів з нейтралізації їх наслідків;
- планування розвитку інфраструктури територій і регіонів з врахуванням ризиків виникнення НС на об'єктах критичної інфраструктури.

Ці тенденції обумовлені впровадженням та популяризацією геоінформаційних технологій через Інтернет та розвитком можливостей широкого використання їх у сучасних мобільних додатках. Цей прогрес може призвести до появи різноманітних можливостей для залучення населення до оцінки ризиків та загроз, переважно використовуючи їхні інформаційні ресурси на місцях. Це сприяє значному прискоренню доступу до інформації, її якісному аналізу та наданню результатів для прийняття рішень в реальному часі.

Впровадження таких ГІС систем сприятиме покращенню процесів оцінки та моніторингу ризиків та забезпечить зручний доступ до важливої інформації для служб цивільного захисту і інших учасників управління ризиками та прийняття рішень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2013. № 34–35. Ст. 458.
2. Про удосконалення паспортизації територій щодо ризиків виникнення НС: наказ МНС України від 24.09.2007 № 659.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВИДІЛЕННЯ ЗА УМОВ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

*Товарянський В.І., к.т.н., доцент*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Пожежі в природних екосистемах щороку завдають шкоди довкіллю у всьому світі. В результаті цього зазнають втрат лісові господарства та ділянки сільськогосподарських угідь, погіршуються умови функціонування біогеоценозу, виникають несприятливі фактори для життя та здоров'я людей [1]. Окрім небезпечних для навколишнього середовища лісових пожеж, впродовж весняно-літнього періоду мають місце виникнення й трав'яні пожежі, а також пожежі зернових культур. Зокрема пожежі останніх спричиняють значні матеріальні збитки для аграрної промисловості країни.

Забезпечення пожежної безпеки зернових культур є важливим завданням, мета якого досягається проведенням досліджень в цій галузі. Сьогодні проводяться експериментальні дослідження трав'яних та зернових пожеж, а також математичне і комп'ютерне моделювання. Це дає змогу встановити значення деяких показників пожежної безпеки. Зокрема в [2] описано дослідження процесів виникнення та поширення пожеж на ділянках пшениці звичайної та жита посівного, де встановлено залежності швидкостей поширення пожеж від висоти зернових. Проте процеси тепловиділення від пожеж саме в агроценозах сьогодні є дослідженими не достатньо.

Мета роботи — дослідити величини тепловиділення за умов пожеж зернових культур та порівняти отримані результати з результатами трав'яної пожежі.

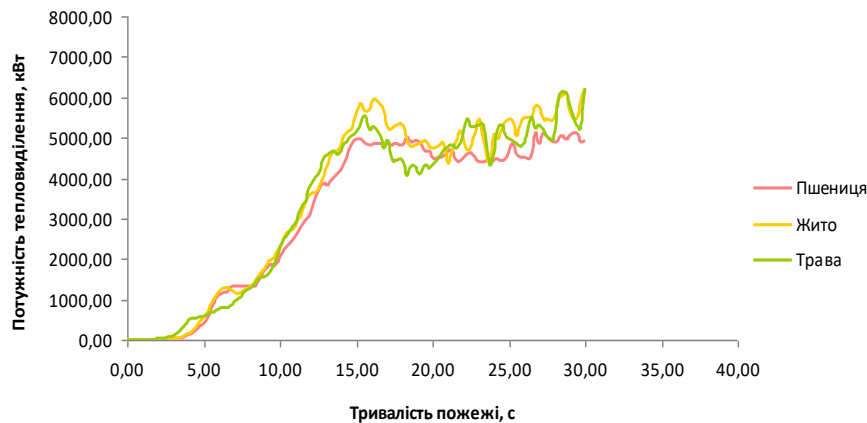
Тепловиділення від пожежі – це один з важливих показників будь-якої моделі пожежі, що є результатом складної взаємодії фізичних та хімічних процесів під час горіння речовин та матеріалів. До факторів, що впливають на потужність тепловиділення природних пожеж, в більшості відносяться:

- переважаючий тип рослинності;
- рівень горючості;
- погодні умови;
- концентрація кисню в повітрі;
- швидкість розповсюдження пожежі;
- площа пожежі.

Відомо, що зворотний тепловий зв'язок у вигляді теплового потоку може збільшити тепловиділення на одиницю поверхні, швидкість поширення полум'я і, отже, пришвидшити настання етапу повного охоплення полум'ям горючого матеріалу. На підставі даних про горючий матеріал, таких як теплота згоряння, теплопровідність, теплоємність, товщина, маса, тощо шляхом розрахунків можна дослідити фізичний зміст процесів тепловиділення за умов горіння цього матеріалу. Проте сьогодні більш точні результати можна отримати при використанні комп'ютерних моделей, зокрема моделі WFDS [3]. Програмний компонент WFDS є розширенням комп'ютерного симулятора пожежі FDS, і призначений для дослідження процесів горіння матеріалів рослинного походження. Модель використовує методи обчислювальної гідродинаміки для вирішення основних процесів теплопередачі, згоряння та термічного розкладання горючих матеріалів.

Тому, взявши за основу вищеописаний інструментарій, виконали дослідження потужності тепловиділення від пожежі зернових та трави. Висота рослинності становила 0,4 м, а швидкість вітру – 2 м/с. Решту показників для вихідного файлу моделювання

взято згідно з [2], а час симуляції встановили тривалістю до 60 с. Залежності потужності тепловиділення за результатами пожеж зернових та трави від часу зображено на рис. 1.



**Рис. 1. Залежність потужності тепловиділення від тривалості пожеж в природних екосистемах.**

Результати моделювання показали, що в усіх випадках потужність тепловиділення від пожежі інтенсивно збільшується впродовж 15 с від початку виникнення та розвитку горіння. А, починаючи з 30 с пожежі, величина тепловиділення мала тенденцію до зниження. Найбільше значення потужності від пожежі в умовах проведеного моделювання зауважено для жита, величина якого становила 5968 кВт на 16 с горіння. Найменше значення тепловиділення на 30 с пожежі зафіксовано для пшениці (4939 кВт). Щодо величини тепловиділення для трав'яної пожежі зазначимо, що на 30 с пожежі похибки між результатами значень тепловиділення для трави та жита були незначними.

Варто зазначити, що вплив факторів на динаміку трав'яних пожеж як пожеж в екосистемах досліджував автор [3], де зокрема встановив залежності тепловиділення від пожежі за такими важливими чинниками, як висота рослинності та швидкість вітру. Тому, в подальшому доцільно виконати подібні дослідження й для агроценозів, що дасть змогу забезпечувати планування та прогнозування заходів протипожежного захисту зернових культур.

Висновок: програмне забезпечення WFDS дає змогу проводити дослідження пожеж не лише в трав'яних чи лісових екосистемах, але й пожеж рослинних горючих матеріалів, представлених агроценозами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Попович В.В., Босак П.В. Пожежі у природних екосистемах: навчальний посібник: Львів, ЛДУ БЖД, 2020. 312 с.
2. Кузик А.Д., Товарянський В.І. Дослідження пожеж зернових культур з використанням комп'ютерного моделювання. Зб. наук. праць «Пожежна безпека». № 41. 2022. С. 67–72.
3. Драч К.Л. Динаміка пожеж у трав'яних екосистемах: дис. на здобуття наукового ступеня доктора філософії: Львів, ЛДУ БЖД, 2020. 199 с.

## ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З УРАХУВАННЯМ СХЕМИ ЇХ АРМУВАННЯ

*Фесенко О.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Колякова В.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Донець Т.П.<sup>2</sup>*

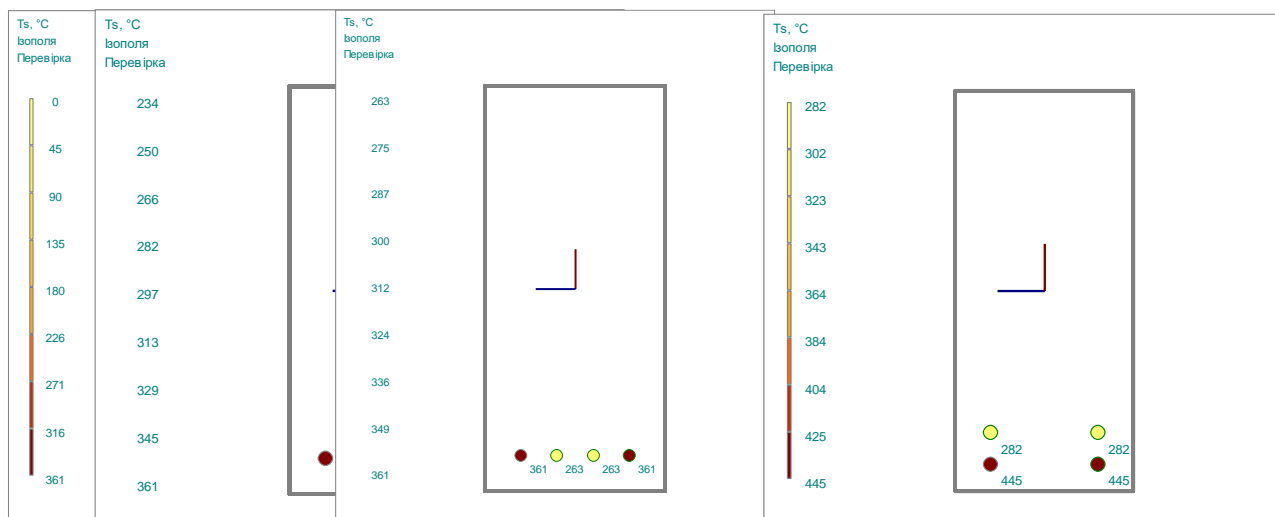
<sup>1</sup>*Київський національний університет будівництва і архітектури,  
<sup>2</sup>ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»*

Вогнестійкість залізобетонних конструкцій, як відомо, залежить від геометричних параметрів (розміри перерізу, відстань до осі арматури, коефіцієнт армування, довжина або висота елемента), рівня навантаження під час пожежі, умов нагрівання під час пожежі (кількість обігріваних сторін) [1–5].

Після досягнення нормованої межі вогнестійкості залізобетонна конструкція може зруйнуватися або мати залишкову несучу здатність, яка, серед іншого, залежить від схеми армування конструкції. Схема розташування арматурних стрижнів у перерізі залізобетонної конструкції впливає як на розподіл температури, так і на вогнестійкість за ознакою втрати несучої здатності.

Для оцінки вогнестійкості залізобетонної балки розрахунковими методами було проаналізовано чотири схеми армування перерізу балки – два кутові стрижні, два кутові і один середній стрижні, два кутові і два середні стрижні, розташовані у два ряди чотири стрижні.

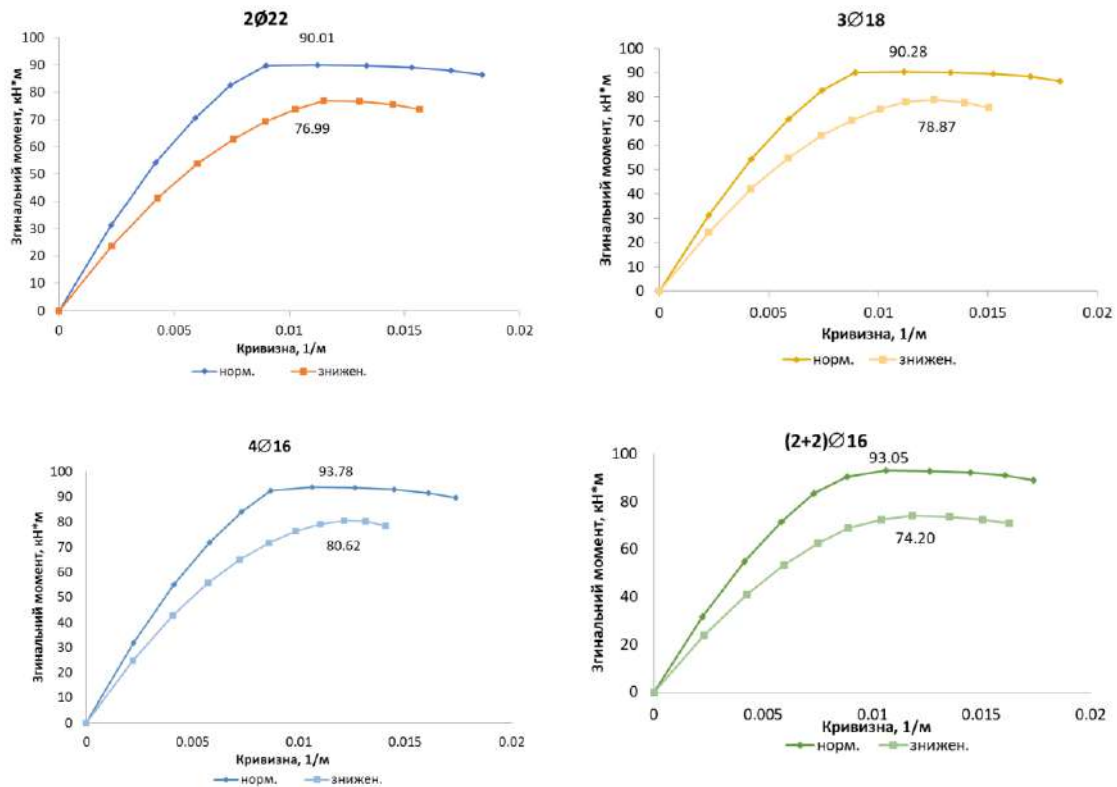
За результатами аналізу значень температури в арматурі балки для різних варіантів армування було встановлено, що найменше значення середньої температури в арматурі балки було зафіксовано для варіанту армування чотирма стрижнями в один ряд (рис. 1).



**Рис. 1.** Температура в арматурі для різних схем армування перерізу балки.

Розташування більшої кількості стрижнів в один ряд армування є більш сприятливим для підвищення фактичної вогнестійкості балки порівняно із розташуванням стрижнів лише в кутах перерізу.

За результатами розрахунку деформаційним методом за ДБН В.2.6-98:2009 було визначено залишкову несучу здатність поперечного перерізу балки і коефіцієнти зниження несучої здатності внаслідок вогневого впливу пожежі, для різних варіантів армування (рис. 2).



**Рис. 2. Діаграми «згинальний момент – кривизна» для різних схем армування поперечного перерізу.**

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинні від 2017-06-01]. К.: Мінрегіон України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)
2. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT). [Чинний з 2013-07-01]. Київ, Мінрегіон України, 2012. 87 с.
3. Колякова В.М., Божинський М.О., Фесенко О.А. Розподіл температури в перерізі залізобетонної плити. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. Луцьк: ЛНТУ. 2016. № 5. С.232–239.
4. Поклонський В.Г., Фесенко О.А., Тарасюк В.Г. та ін. Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 2. Практичний посібник. К.: Інтертехнологія, 2016. 83 с.
5. Дмитренко Є., Донець Т., Одноліток К., Фесенко О. Оцінка вогнестійкості залізобетонних колон уточненими розрахунковими методами. Будівельні конструкції. Теорія і практика. № 8. 2021. С. 82–96.



## АНАЛІЗ ПОЖЕЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ ПЕРЕДБАЧЕНИХ УЗГОДЖЕНИМИ ТЕХНІЧНИМИ СПЕЦИФІКАЦІЯМИ EAD

*Фещук Ю.Л., к.т.н., ст. дослідник,*

*Сізіков О.О., к.т.н., с.н.с.*

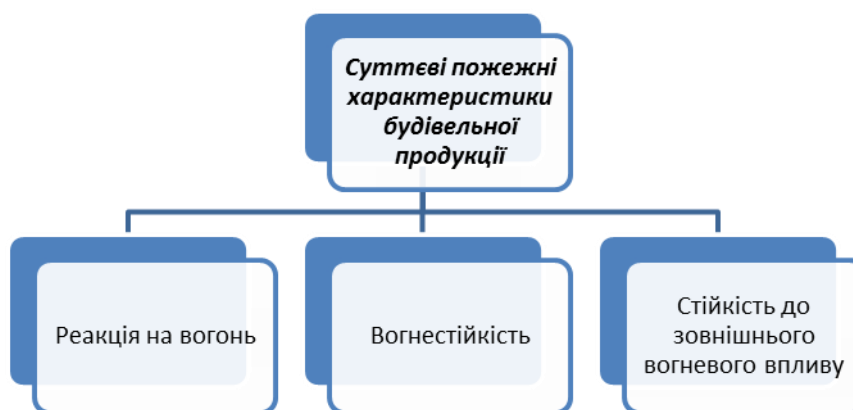
*Голікова С.Ю.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Прикінцевими та перехідними положеннями Закону «Про надання будівельної продукції на ринку» [1] передбачено одночасну дію вимог цього Закону та вимог технічного Регламенту будівельних виробів лише до 2025 року. Враховуючи це, європейська пожежна класифікація має повноцінно запрацювати з 2025 року за умови, що не буде внесено змін на законодавчому рівні.

У зв'язку з цим, мають бути розкриті суттєві експлуатаційні характеристики будівельної продукції, що пов'язані з основною вимогою щодо забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд. Вираження цих характеристик має бути через показники (рівень, клас, опис).

Регламентовані суттєві характеристики згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 року № 1458 «Деякі питання надання будівельної продукції на ринку» [2] показані на рисунку 1. Разом з цим такі характеристики не розкриті у повній мірі в державних будівельних нормах, зокрема в ДБН В.1.2-7:2021 [3].



**Рис. 1. Суттєві пожежні характеристики будівельної продукції.**

Проведено аналітичні дослідження європейської нормативно-правової та нормативної бази, яка пов'язана з основною вимогою щодо забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд, зокрема узгоджених технічних специфікацій EAD, що стосуються будівельних конструкцій, розроблених EOTA як основи для Європейської технічної оцінки (ETA) визначено, що EAD надає виробникам можливість маркування CE для будівельних виробів, які не підпадають або не повністю охоплюються узгодженим європейським стандартом (hEN) відповідно до Регламенту будівельних виробів (ЄС) 305/2011.

За результатом аналізу EAD [4] визначені суттєві експлуатаційні характеристики, пов'язані з пожежною безпекою. Окрім регламентованих національних, з'являються додаткові характеристики будівельної продукції, що наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1. Додаткові характеристики будівельної продукції за ЕАД**

<b>Характеристика</b>	<b>Тип вираження</b>
- Протипожежні характеристики фасаду	Опис / рівень
- Схильність до постійного тління	Опис
- Стійкість до впливу високих температур	Опис
- Вплив прямого контакту з пластмасами/металами	Опис
- Механічна міцність для елементів самозакривання	Клас
- Довговічність вспучувальної вставки	Опис
- Довговічність	Опис / клас
- Відстань та інтервал між комунікаціями	Рівень
- Ремонтпридатність настилів	Опис

Разом з цим, слід відзначити, що дані характеристики є додатковими лише для конкретної будівельної продукції, тому не можуть бути нормовані як універсальні.

Отже, в залежності від типу будівельної продукції та особливостей її застосування на об'єктах будівництва окрім визначених на рисунку 1 пожежних характеристик, суттєві характеристики подані в таблиці 1, можуть бути враховані після внесення відповідних змін в національну нормативну базу.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Закон України від 02.09.2020 № 850-IX «Про надання будівельної продукції на ринку».
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2021 року № 1458 «Деякі питання надання будівельної продукції на ринку».
3. ДБН В.1.2-7:2021. «Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека».
4. Шифр ЕАД: 130082-00-0603; 04091400-0404; 350003-00-1109; 350005-00-1104; 350022-00-1107; 350134-00-1104; 350140-00-1106; 350141-00-1106; 350142-00-1106; 350402-00-1106; 350454-00-1104; 350454-00-1104-v01; 350865-00-1106.

## ПРОТИДИМНИЙ ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ

*Холодна О.С.,*

*Отрош Ю.А., д.т.н., професор*

*Національний університет цивільного захисту України*

В останні роки будівництво в нашій країні значно збільшилося. Житлові будинки в основному являють собою будівлі підвищеної поверховості. Вони можуть одночасно утримувати велику кількість людей, які будуть потребувати захисту в умовах пожежі. У разі пожежі люди можуть загинути не тільки від високих температур, але і від диму і газів, що утворюються при горінні

Протидимний захист експлуатованих будівель забезпечується створенням надлишкового тиску повітря в ліфтових шахтах, на сходових клітках, тамбурах-шлюзах, відключенням вентиляції і видаленням диму на шляхах евакуації людей, у приміщеннях, що вимагають постійної присутності персоналу, у місцях проведення оперативної роботи підрозділів ДСНС [1, 2]. Для більшості споруд система димовидалення є обов'язковим елементом.

Протидимний захист будівель – комплекс об'ємно-планувальних і інженерно-технічних рішень, головною метою якого є запобігання (при пожежі) задимленню шляхів евакуації з приміщень і будівель. Це дозволяє зменшити вірогідність загибелі людей при їх евакуації з будівлі, мінімізувати матеріальні втрати, забезпечити безпечну та ефективну роботу пожежних [3].

Розрізняють системи зі штучним і природним димовидаленням. Системи штучного димовидалення поділяються на:

1. Статичні – цей тип систем зупиняє вентиляцію на підприємстві і запобігає поширенню диму.

2. Динамічні – такі системи використовуються на об'єктах з великими площами. Пристрій за допомогою лопастей виштовхує дим з приміщення і подає в нього свіже повітря.

3. Автоматичні та напівавтоматичні. Автоматичні системи з датчиками диму та системами пожежогасіння активуються самостійно, як тільки виявляється пожежа. Напівавтоматичні системи активуються персоналом або мешканцями будівлі [4].

До природних систем димовидалення належить звичайна вентиляція в приміщеннях.

Поряд із класичною системою димовидалення з використанням повітроводів, існує імпульсна система димовидалення.

Імпульсні системи димовидалення застосовуються у Великій Британії, Німеччині, Португалії, Китаї та інших країнах, як правило, на таких об'єктах як автотранспортні та залізничні тунелі, метрополітені та паркінги [5].

Системи безпеки, активна і пасивна, доповнюють один одну. Тільки їх поєднання забезпечує високий рівень пожежної безпеки.

Всі використовувані системи безпеки повинні бути чітко скоординовані один з одним, щоб уникнути невідповідностей в заходах по рятуванню.

З огляду пожежної безпеки, найсерйознішою проблемою для системи кондиціонування та вентиляції є перспективи поширення пожежі з одного приміщення в інше. Наприклад, якщо в будь-якій точці будівлі виникає вогонь та дим, ніщо не заважає йому по повітроводам систем кондиціонування розповсюдитися в інші точки.

Крім того, дим та вогонь можуть виходити, серед іншого, через незакріплені повітроводи, тому вентиляційні отвори ідеально підходять для поширення вогню. Тому

при організації захисту мереж кондиціонування і вентиляції слід приділяти особливу увагу двом аспектам. По-перше, це пасивний бар'єр самого каналу, а по-друге, захист ділянок на всьому шляху, які класифікуються як найбільш пожежонебезпечні.

Щоб захистити повітропровід від впливу вібрації та теплового розширення будівельної коробки, ділянка повітропроводу зазвичай закрита.

Серед основних заходів щодо захисту каналів від пожежі і поширення вогню можна виділити наступні:

- 1) Установка вогнезахисної перегородки в мережі механічної вентиляції.
- 2) Установка протипожежних клапанів в зонах входу і виходу каналу з камери. У цих випадках можна використовувати само розширювальні матеріали, які утворюють непроникну теплоізоляційну піну на випадок пожежі.
- 3) Установка протипожежного клапана в технічний короб, в якому розташований вентиляційний канал.
- 4) Використання вогнетривких матеріалів для виготовлення вентиляційних каналів [6].

Пасивний захист забезпечується закриттям протипожежного клапана при сигналі про пожежу.

У світлі цих факторів ризику все більша увага приділяється протипожежному захисту систем вентиляції та кондиціонування повітря, яка останнім часом не вважається основною причиною поширення пожеж.

Зробивши аналіз наукових праць з дослідження систем штучного димовидалення, стає зрозуміло, що протидимний захист будинків підвищеної поверховості потребує постійного удосконалення.

Отже, з огляду пожежної безпеки, найсерйознішою проблемою для системи кондиціонування та вентиляції є перспективи поширення пожежі з одного приміщення в інше. У світлі цих факторів ризику все більша увага приділяється протипожежному захисту систем вентиляції та кондиціонування повітря, яка останнім часом не вважається основною причиною поширення пожеж.

Дим вбиває більше людей, ніж пов'язана з ним пожежа, тому прогнозування поширення диму всередині будинків підвищеної поверховості є надзвичайно важливим для інженерів-конструкторів та інженерів з безпеки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кукузенко А.М., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А. Визначення стану безпеки шляхів евакуації. Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція ЕАС) «Безпека людини у сучасних умовах». Харків: НТУ «ХП», 1-2.12.2022 р.
2. Грицик М.М., Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Щолоков Е.Е. Питання окремих вимог державних будівельних норм до сходових кліток. *Modernization of science and its influence on global processes: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference, October 21, 2022. Bern, Swiss Confederation: European Scientific Platform. P. 52–54.*
3. ДСТУ 2272-2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: наказ від 09.06.2006 № 162.
4. Димовидалення. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Димовидалення>
5. Холодна О.С., Рашкевич Н.В. Аналіз імпульсної системи димовидалення. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 161–162.
6. Фесенко Г.В. Основи пожежної безпеки: Харків 2013, 62 с.

## ДЕЯКІ ПИТАННЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

*Цапко Н.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Шабанова Г.М.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Логвінков С.М.<sup>3</sup>, д.т.н., професор,  
Миргород О.В.<sup>4</sup>, к.т.н., с.н.с., доцент,  
Пирогов О.В.<sup>4</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,

<sup>2</sup>Національний технічний університет «ХПІ»,

<sup>3</sup>Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,

<sup>4</sup>Національний університет цивільного захисту України

Використання електричної енергії має зворотну сторону, а саме – наявність електромагнітного поля, окремим випадком якого є електромагнітне випромінювання (ЕМВ). Як і будь-який інший вид випромінювання, ЕМВ не можна визначити органами чуття людини, але це не знижує потенційну небезпеку для живих організмів. Електромагнітне випромінювання можна вважати особливою формою матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між зарядженими частинками. Це взаємопов'язані між собою змінне електричне та магнітне поля. Їх взаємозв'язок полягає в тому, що будь-яка зміна одного призводить до появи іншого. Таким чином, електромагнітне поле поширюється від точки до точки простору в вигляді електромагнітних хвиль (випромінювань) [1].

Штучно згенеровані електричні, магнітні та електромагнітні поля складають електромагнітне забруднення навколишнього середовища, для якого існує спеціальний термін – електросмог [2, 3]. Його джерелами є всі види електроприладів, причому, чим потужніший прилад, тим агресивніше поле. Якщо біологічний організм потрапляє в зону підвищеного рівня електромагнітного випромінювання – відбуваються збої у функціонуванні всіх органів і систем.

Розробка систем захисту, екранування та поглинання ЕМВ у широкому спектрі частот є досить складним завданням як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Жорсткі технічні вимоги до таких систем обумовлюють необхідність пошуку комплексних рішень завдання захисту від ЕМВ.

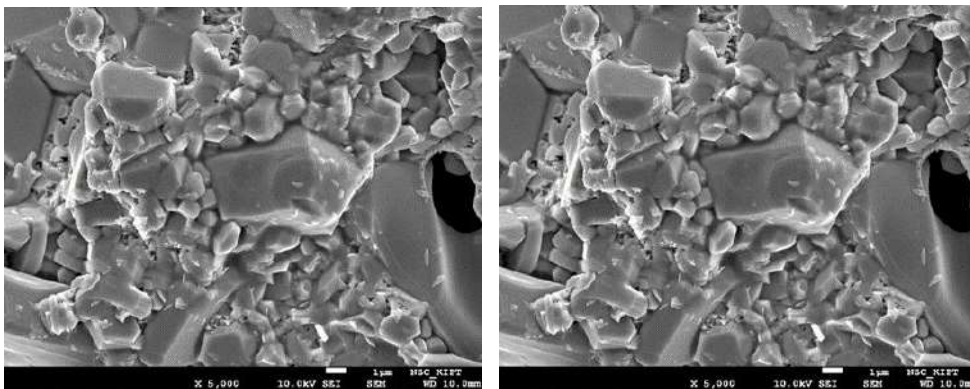
Як слабкі, так і сильні ЕМВ мають досить виражений вплив на морфологічні, фізіологічні, біохімічні та біофізичні характеристики багатьох рослин. У районі дії електричного поля ЛЕП у рослин поширені аномалії розвитку – часто змінюються форми і розміри квіток, листя, стебел, з'являються зайві пелюстки. Відзначено негативний вплив ЕМВ на величину потенційної нітрогеназної активності ґрунтової ризосферної популяції, довжину проростків рослин.

Дія ЕМВ на комах свідчить про те, що цей фактор може викликати зміни в поведінці, діючи на рівні інформаційних відносин між особинами, може бути фізична дія в силу особливостей будови тіла та життєдіяльності комах; а може також відбуватися дія на деякі фізіологічні характеристики (обмін речовин, ріст і розвиток). Відмічається також вплив ЕМВ на генетичному рівні. Необхідно підкреслити, що значна частина представників фауни, на відміну від людини, має прямі рецептори ЕМВ і використовує природні ЕМВ для підтримки нормальної життєдіяльності.

Оскільки гексаферит барію має гексагональну кристалічну решітку з одновісною анізотропією, він застосовується як феромагнітний матеріал. Магнітні властивості

гексафериту барію зумовлені некомпенсованим антиферомагнетизмом, для якого характерно низьке значення залишкової індукції і високими значеннями максимальної магнітної енергії.

Тому авторами було запропоновано використовувати гексаферит барію у якості заповнювача бетону на основі барійвмісного цементу для підвищення феромагнітних властивостей композиційних матеріалів, які можуть бути рекомендовані як захисні матеріали від дії ЕМВ. Синтез гексафериту барію з підготованої сировинної суміші у певному стехіометричному співвідношенні здійснювався в силітовій печі при температурі 1250 °С з ізотермічною витримкою при максимальній температурі випалу 2 години. Синтезований гексаферит мав щільну структуру, темно-сірого кольору з металевим блиском та яскраво вираженою намагніченістю. Синтезований заповнювач на основі гексафериту барію характеризувався високою щільністю (5280 кг/м<sup>3</sup>) та низькою пористістю (до 1%). Окремі кристали гексафериту характеризувалися досконалими контурами, що свідчить про сприятливі умови синтезу (рис. 1).



**Рис. 1. Мікроструктура отриманого барійвмісного заповнювача:**  
**а – збільшення ×300; б – збільшення ×5000.**

На основі барійвмісного цементу та синтезованого гексафериту барію були виготовлені зразки спеціальних захисних бетонів. В результаті проведених випробувань було встановлено, що розроблені склади бетонів мають високі показники міцності (48–50 МПа), коерцитивна сила лежить у межах 310–340 кА/м, тангенс кута діелектричних втрат складає  $1,2 \cdot 10^{-3}$ , питомий електричний опір варіюється у межах 0,2–0,21 Ом·м, що повністю задовольняє феромагнітні характеристики конструкційних матеріалів для захисту від ЕМВ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Соколов С.В., Писаренко Л.Д., Журба В.О. Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ: навч. посіб. / С.В. Соколов, Л.Д. Писаренко, В.О. Журба; за заг. ред. Г.С. Воробйова. Суми : Сумський державний університет, 2011. 393 с.
2. Brauner, C. (1996). Electrosmog – a phantom risk. Swiss Reinsurance Company D-Freiburg. 33.
3. Geetha, S. Kumar, Satheesh K.K., Rao, Chepuri R.K., Vijayan, M., Trivedi, D.C. (2009). EMI Shielding: Methods and Materials – A Review. Journal of Applied Polymer Science. 112. 2073–2086.

## ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

*Черенков В.О.<sup>1</sup>,  
Черпаха Р.Е.<sup>1</sup>,  
Рашкевич О.С.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області*

Штучний інтелект (ШІ) відіграє важливу роль у прогнозуванні та управлінні пожежами, пропонуючи передові інструменти та технології, що розширюють можливості для запобігання, моніторингу та реагування на пожежі.

Одним із ключових напрямків використання ШІ є прогнозування пожежних ризиків. Застосування алгоритмів машинного навчання дозволяє створювати точні моделі прогнозування виникнення пожеж [1]. Алгоритми аналізують великі обсяги даних, включаючи історичні дані про пожежі, характеристики будівель (будівельних конструкцій) та інфраструктури, погодні умови, географічні фактори тощо. На основі цих даних алгоритми машинного навчання можуть виявляти складні взаємозв'язки та патерни, які можуть вказувати на тенденції виникнення пожеж та їх поширення. Це дозволяє розробляти моделі, які не лише передбачають можливі сценарії розвитку пожеж, але і оцінюють їх потенційні наслідки.

Важливим аспектом є автоматизоване виявлення джерел пожежної небезпеки та реагування на них. Сучасні системи комп'ютерного зору та аналізу відео дозволяють автоматично виявляти пожежі та негайно реагувати на них, що сприяє швидкій локалізації пожеж та запобігає їх подальшому розповсюдженню [2]. Після виявлення пожежі системи автоматично сповіщають рятувальників або активують системи пожежогасіння для локалізації вогню та його швидкого загасання. Це дозволяє уникнути затримок у реагуванні та мінімізує ризик подальшого розповсюдження пожежі, що є важливим для забезпечення безпеки людей та майна. Такі системи стають ефективним інструментом у боротьбі з пожежами та зменшенні їх наслідків.

Як приклад, розглянемо використання ШІ у боротьбі з лісовими пожежами. Виникнення лісових пожеж є складним процесом, який залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів, таких як джерело займання, склад палива, погодні умови та рельєф. Традиційні методи прогнозування лісових пожеж значною мірою покладаються на емпіричні та статистичні методи. Однак, через неадекватні дані та нелінійні зв'язки між факторами моделі прогнозування пожежі часто складні та неточні.

В роботі [3] зазначено, що алгоритми ШІ можуть аналізувати супутникові знімки в режимі реального часу, щоб виявити ознаки потенційних лісових пожеж, такі як дим, спека або зміни в рослинності (пожежного навантаження). Інтегрувати дані з різних сенсорних мереж, таких як наземні метеостанції та віддалені камери, щоб створити повну картину пожежонебезпечних територій.

Дослідники [4] розглядають застосування дронів зі штучним інтелектом для моніторингу великої території, які за допомогою датчиків можуть надавати дані в реальному часі про рух вогню, схеми поширення та ідентифікацію осередків загоряння.

Алгоритми ШІ можуть оптимізувати розподіл ресурсів для пожежогасіння, прогнозуючи ймовірний шлях пожежі. Це гарантує, що ресурси будуть розгорнуті стратегічно з максимальною ефективністю [5]. Допомогти в розробці планів евакуації, враховуючи різні фактори, зокрема, швидкість, напрямок і потенційний вплив пожежі на населені райони.

Автори [6] акцентують увагу на навчальній симуляції. Навчальні симуляції можуть відтворювати різні умови пожежі, допомагаючи персоналу розвивати навички та стратегії, необхідні для реагування на складні та динамічні ситуації, пов'язані з пожежами.

Інтеграція штучного інтелекту в прогнозуванні та управлінні пожежами – це динамічна сфера, що розвивається, а постійні дослідження і розробки спрямовані на підвищення точності та ефективності цих систем. Основними напрямками досліджень і розробок є удосконалення моделей прогнозування пожежних ризиків з урахуванням широкого спектру факторів (географічні особливості, кліматичні умови, характеристики будівель тощо), використання реального часу та Інтернет-речей для швидкого реагування на потенційні загрози, автоматизоване виявлення пожеж та аналіз відео, прогнозування розповсюдження вогню для ефективного планування та виконання евакуаційних заходів, оптимізація стратегій управління пожежами, включаючи розподіл ресурсів, стратегій гасіння пожежі.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Єфімов О.М. Принципи імітаційного моделювання процесу виникнення пожежної ситуації в електроустановках виробничого об'єкта. Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 288–290.
2. Колесник М.П., Полукаров Ю.О. Робототехніка та штучний інтелект як методи забезпечення пожежної безпеки на хімічних підприємствах. Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції студентів та молодих науковців «Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України», 09-11 листопада 2021 р. Х. ХНУМГ імені О.М. Бекетова, 2021. С. 192–194.
3. Purbahapsari, A.F., Batoarung, I.B. (2022). Geospatial Artificial Intelligence for Early Detection of Forest and Land Fires. *KnE Social Sciences*. 312–327.
4. Mimoun, Y. et al. (2022). Review on forest fires detection and prediction using deep learning and drones. *J. Theor. Appl. Inf. Technol.* 100(12). 4565–4576.
5. Chan, H., Tran-Thanh, L., & Viswanathan, V. (2021). Fighting wildfires under uncertainty: A sequential resource allocation approach. In *Proceedings of the Twenty-Ninth International Conference on International Joint Conferences on Artificial Intelligence*. 4322–4329.
6. Williams-Bell, F.M., Kapralos, B., Hogue, A., Murphy, B.M., Weckman, E.J. (2015). Using serious games and virtual simulation for training in the fire service: a review. *Fire Technology*. 51. 553–584.



## ПРОБЛЕМИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОГАЗОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Шабельник Н.О.<sup>1</sup>,*

*Тригуб В.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

У відповідності до [1], управління пожежною безпекою (ПБ) об'єкта захисту – це процес впливу суб'єкта управління ПБ на діяльність осіб, які перебувають на об'єкті захисту для забезпечення відсутності на цьому об'єкті недопустимого ризику виникнення та розвитку пожежі. ПБ об'єкта захисту мають забезпечувати система запобігання пожежі, комплекс протипожежного захисту та система управління ПБ об'єкта захисту. Основна мета системи управління ПБ – створення умов для запобігання виникненню та розвитку пожежі, впливу небезпечних чинників пожежі на людей, інших живих істот, матеріальні цінності та довкілля.

В результаті аналізу проблем прийняття рішень при управлінні пожежною безпекою нафтогазових об'єктів виявлено, що через велику кількість можливих заходів, а також значну кількість параметрів, що впливають на кінцеві значення пожежних ризиків, складно визначити ефективні з технічної та економічної точки зору комбінації заходів, які спрямовані на управління пожежною безпекою без використання сучасних інструментів підтримки прийняття рішень.

Відсутність в Україні сучасних програмних продуктів підтримки прийняття рішень, в тому числі і на нафтогазових об'єктах, призводить до того, що особа, яка приймає рішення, не може об'єктивно оцінити весь спектр небезпек та визначити оптимальну комбінацію заходів з управління пожежною безпекою. Найчастіше, при прийнятті управлінських рішень, покладаються на думки експертів.

Як правило, після процедури оцінки ризиків отримані значення не завжди є прийнятними. Для досягнення необхідних значень величин пожежних ризиків потрібне застосування додаткових заходів щодо забезпечення пожежної безпеки персоналу та людей, які мешкають поряд з об'єктом. Найчастіше, одного заходу недостатньо. Величезна кількість можливих комбінацій заходів щодо забезпечення пожежної безпеки є важливою проблемою у процесі управління пожежною безпекою на нафтогазових об'єктах.

Однією з проблем аналізу прийняття рішень є великий обсяг інформації, яку потрібно обробити. Проблема вибору правильної комбінації заходів щодо управління пожежною безпекою нафтогазових 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 в технологічному процесі, кліматичними умовами зони розміщення, а також складним описом технологічних процесів.

У той же час, більшість нафтогазових об'єктів містять на своїй території безліч зовнішніх технологічних апаратів, які мають свої унікальні властивості та параметри, що призводить до зростаючої кількості альтернативних шляхів забезпечення пожежної безпеки.

Усі ці параметри можуть відобразити лише кількісне значення небезпечних чинників пожежі, яких для аналізу пожежної безпеки території недостатньо, необхідне

знання ймовірностей виникнення пожежонебезпечних подій. Для цього потрібно побудувати дерево розвитку пожежонебезпечних ситуацій, що без відповідних статистичних даних зробити дуже важко і велика ймовірність помилки. Характеристики, необхідні розрахунку багатьох речовин, і навіть статистика відмов устаткування часто важкодоступні, через відсутність єдиної бази даних у системах у яких проводиться розрахунок пожежної безпеки. Це впливає на ефективність розрахунку пожежних ризиків та прийнятих рішень. Визначення пожежної безпеки об'єкта зводиться до розрахунку відразу кількох значень пожежних ризиків. До пожежних ризиків можна віднести [2]:

– потенційний ризик – частота реалізації небезпечних чинників пожежі в точці території, яка розглядається.

– суспільний ризик – кількісний вимір пожежного ризику, що є сукупністю наслідків для кожної з постраждалих осіб.

– індивідуальний ризик – кількісний вимір пожежного ризику, обмежений наслідками для певної особи, що залежать від її характеристичних даних.

Потенційний ризик не залежить від кількості персоналу об'єкта та його розміщення по території об'єкта, а визначається виключно технологією, що використовується, і надійністю застосовуваного технологічного обладнання. Потенційний ризик використовується як критерій допустимості пожежної безпеки для населення, для якого величини потенційного та індивідуального ризиків приймаються рівними.

Індивідуальний ризик використовується як критерій допустимості пожежної безпеки тих чи інших працівників об'єкта. Індивідуальний ризик враховує час перебування певної людини з-поміж персоналу в небезпечній зоні з високими значеннями потенційного ризику [3].

Таким чином, основні проблеми у галузі управління пожежною безпекою на об'єктах нафтогазової промисловості є:

– процедура визначення розрахункових величин пожежного ризику, що зачіпає безліч параметрів, властивостей технологічного процесу та характеристик зони розміщення підприємства;

– одним із завдань щодо розрахункових величин пожежних ризиків є побудова дерева розвитку пожежонебезпечних подій, що в умовах великої кількості різних типів технологічного устаткування є складною задачею;

– через велику кількість параметрів та альтернатив забезпечення протипожежного захисту, управління пожежною безпекою є складним комплексним завданням, вирішення якого вимагає створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8965:2019. Система управління пожежною безпекою об'єкта захисту. Загальні положення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=87650](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=87650)

2. 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](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=78554)

3. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=82138](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=82138)

## ПІДВИЩЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ СТИСНУТИХ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Шишкіна О.О., к.т.н., доцент*

*Криворізький національний університет*

Бетон, як будівельний конструкційний матеріал, переважно схильний до руйнування через розповсюдження дефектів типу тріщин. Тому процес руйнування в бетоні не проходить миттєво, а триває від моменту утворення тріщин і до початку їх критичного росту.

Як свідчить досвід, під час експлуатації будівель і споруд часто трапляються випадки, коли проектні умови роботи споруди (будинку) внаслідок різноманітних чинників порушуються. Це призводить до зміни розрахункової схеми споруди, може викликати додаткові навантаження, що супроводжується додатковим збільшенням напружень в елементах та появою і ростом в них тріщин.

Для запобігання аварійного стану бетонних конструкцій у означених випадках випадках потрібна надійна методика підвищення придатності конструкції до подальшої експлуатації.

Вочевидь, найбільшою загрозою напружено-деформованому стану зокрема елементів конструкцій, які піддаються дії напружень стиску, є тріщини. Характерною особливістю тріщин у стиснутому бетонному елементі є їх однонаправленість із зусиллям стиску. Тобто, при стискуванні бетонного елемента, в наслідок виникнення напруг, направлених перпендикулярно напрямку сил стиску, утворюються повздовжні тріщини.

В процесі збільшення напруг стиску відбувається зростання та розкриття тріщин, що супроводжується «збільшенням» розмірів елемента в площині перпендикулярній напрямку дії сил стискування. В будівельних конструкціях кінці їх елементів надійно закріплюються, що унеможливує або зменшує можливість у цьому місці зміни розмірів елемента. Тому найбільше розкриття тріщин відбувається в елементі в середині його висоти (довжини), або у найбільш наближеному до неї місці.

Вочевидь, зменшення можливості деформування бетонного елемента в площині перпендикулярній напрямку дії стискальних сил (напруг) дозволить обмежити утворення та розкриття тріщин, тим самим збільшивши навантаження, які може витримати елемент без руйнування.

На цей час відомі та використовуються наступні методи обмеження деформування бетонного елемента в площині перпендикулярній напрямку дії стискальних сил (напруг):

- зовнішнє армування (сталезалізобетонні конструкції);
- зовнішнє армування напруженою арматурою;
- зовнішнє армування наклеюванням композитного матеріалу.

Усі перелічені методи мають свої переваги, а саме зменшення поперечного розширення (а тому і тріщиноутворення) елемента, який стискають. На сьогодні активно проводяться науково-пошукові роботи по дослідженню сталезалізобетонних конструкцій. Сталезалізобетон, маючи, без сумніву, позитивні якості, не може повністю замінити ні сталеві, ні залізобетонні конструкції, що використовуються в будівництві. Однак існують недоліки цього методу, основним з яких є складність виконання бетонування елемента.

Застосування зовнішнього попередньо напруженого армування також як і зовнішнє армування наклеюванням композитного матеріалу мають основними

недоліками складність виконання робіт по армуванню та висока вартість композитного матеріалу. Зовнішнє попередньо напружене армування потребує розроблення спеціальної технології та додаткового обладнання. Застосування зовнішнє армування наклеюванням композитного матеріалу обмежено високою вартістю матеріалів.

Означене призвело до необхідності розробки методу підвищення несучої здатності стиснутих елементів будівельних конструкцій, який би мав мінімум недоліків, які мають відомі методи.

За параметри оптимізації в досліджах було прийнято:

- мінімізація витрат додаткових матеріалів;
- мінімізація ускладнень технології;
- мінімізація термінів готовності елемента до експлуатації;
- максимізація ефекту застосування розробленої технології.

В результаті проведених досліджень встановлено, що облаштування обойми з текстильного матеріалу на основі модифікованого бетону, яка розташовується по середині висоти стиснутого елемента, призводить до значного збільшення критичного навантаження, яке витримує елемент. Тож довговічність конструкції, для якої застосовано влаштування такої обойми значно підвищується.

Зміна ширини текстильного матеріалу в межах експерименту призводила до збільшення критичного навантаження, яке витримує елемент, від 34 % до 96 %. Тобто критична руйнівна сила збільшувалася на 34–96 % в залежності від ширини текстильного матеріалу на основі модифікованого бетону.

Модифікація бетону здійснювалася із застосуванням теорії міцелярного каталізу та ефекту надмалих концентрацій, при використанні міцелярної поверхнево-активної речовини – олеату натрію, що дозволило отримати штучний камінь міцністю при стиску на 150–200 % вище ніж вихідний застосований цемент.

Простота отриманої технології та ефект від її застосування, отриманий в наслідок проведених експериментів обумовлює її ефективність і доцільність подальших досліджень.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shyshkina, A., Shyshkin, A. (2016). Study of the nanocatalysis effect on the strength formation of reactive powder concrete. *Eastern-European. Journal of Enterprise Technologies*. 1/6(79). 55–60. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.58718>
2. Shyshkina, A., Shyshkin, A. (2021). Fine-Grained Concrete for Repair and Restoration of Building Structures. *Materials Science Forum*. 1038. 317–322. Doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1038.317
3. Shishkina, A., Shishkin, A. (2020). Application of the easy concentration effect in concrete technology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 907. 012038. Doi: 10.1088/1757-899X/907/1/012038

УДК 614.8

## ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕВАКУАЦІЇ З КУЛЬТУРНО ВИДОВИЩНИХ ЗАКЛАДІВ

*Щолоков Е.Е.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Місця в яких перебуває велика кількість людей, такі як театри, концертні зали, музеї, будинки культури, спортивні стадіони та парки атракціонів мають потенційно високий ризик небезпеки для осіб, які в них знаходяться. Окрім того, ризик виникнення надзвичайних ситуацій зростає через потенційну небезпеку ракетних обстрілів та терористичних актів [1, 2].

У випадку пожежі загрозу для здоров'я та життя людей становлять такі фактори, як вплив високої температури, продуктів горіння, зниження видимості, та концентрації повітря.

Особливо можна зазначити небезпеку впливу високих температур через втрату рідини та електролітів, як наслідок важка дегідратації в організмі, порушення функціонування нервової системи та інших серйозних ускладнень. Це може призвести до виснаження, погіршення концентрації та працездатності, а також до серйозних медичних проблем, особливо у вразливих груп населення. Додатково, високі температури можуть погіршувати роботу серця та судин, погіршувати дихальну функцію через погіршення якості повітря, а також викликати ураження організму у вигляді опіків.

Процес евакуації людей розпочинається майже одночасно та потребує чіткої організації. Наприклад, у залах театрів або клубів всі глядачі разом піднімаються зі своїх місць та направляються до виходів. Однак цей загальний рух при обмеженій пропускній здатності евакуаційних шляхів та виходів призводить до створення значної щільності людських потоків. Це призводить до фізичних зусиль з боку окремих осіб, які евакуюються, що ускладнює рух та знижує швидкість евакуації. Існує парадокс: чим швидше люди намагаються залишити будівлю, тим більше часу їм потрібно на це. Також слід враховувати негативний вплив небезпечних факторів пожежі та можливість виникнення паніки, що ускладнює процес евакуації.

У зв'язку з цим, проведення ретельного аналізу ризиків та розробка ефективних планів евакуації стають критично важливими аспектами управління безпекою в культурно-видовищних та дозвіллевих закладах.

В ході дослідження було проведено розрахунок часу евакуації людей за допомогою програмного комплексу Pathfinder [3–5] на прикладі будинку культури з залом на 600 місць.

Для проведення розрахунку визначили місце виникнення пожежі - це сцена будинку культури.

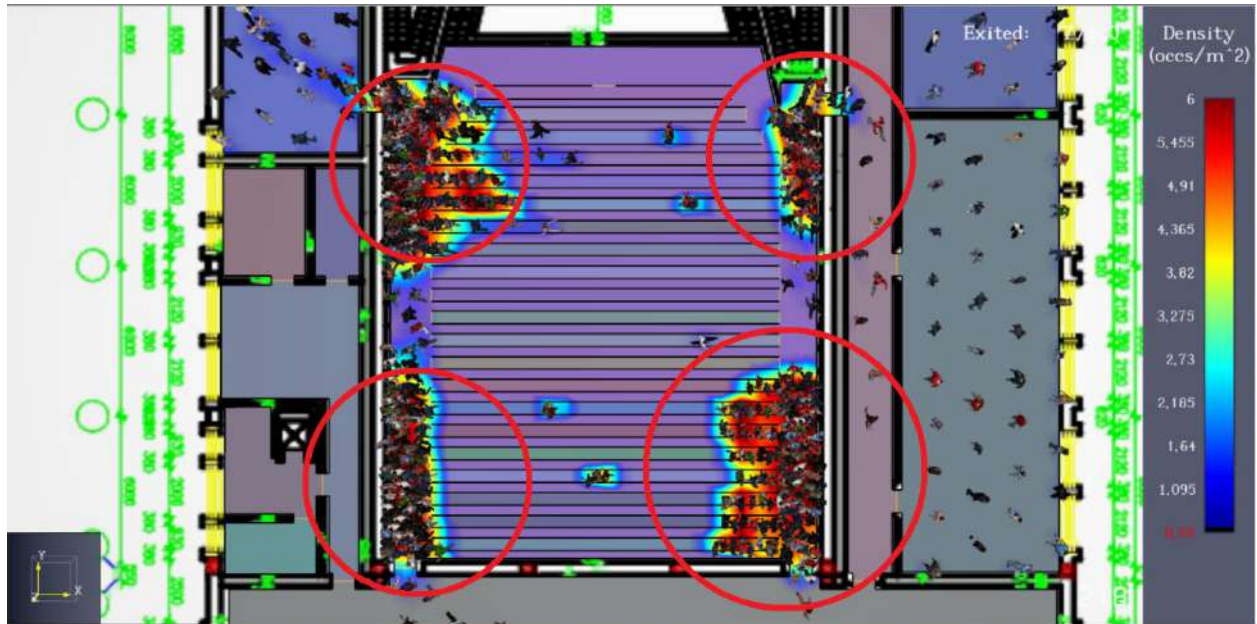


Рис. 1. Модель евакуації з будинку культури.

Під час дослідження були визначені місця скупчень людей які позначені на рис.1 червоними колами. В зонах біля евакуаційних виходів можливе виникнення давки, що може ускладнити евакуацію та викликати травми у людей що евакуюються.

За результатами проведеного розрахунку фактичний час евакуації склав 237,3 с.

Результати проведених досліджень може бути використаний для покращення евакуації з культурно-видовищних та дозвіллевих закладів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Щолоков Е.Е., Отрош Ю.А. Доступність захисних споруд цивільного захисту для маломобільних груп населення: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції. м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22–23 вересня 2022 р. С. 173–174..
2. Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Щолоков Е.Е., Отрош Ю.А. Доступність захисних споруд цивільного захисту для маломобільних груп населення. 2022.
3. Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Щолоков Е.Е. Моделювання евакуації людей при пожежі за допомогою програмного забезпечення PATHFINDER: матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація». м. Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 71–72.
4. Щолоков Е.Е., Отрош Ю.А. Використання програмного середовища pathfinder для розрахунку евакуації в будинку ліцею «Рятувальник». Матеріали конференції «XVII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів». 2023. С. 54.
5. Щолоков Е.Е. Вирішення проблем пожежної безпеки за допомогою програмного забезпечення PATHFINDER. 2021.

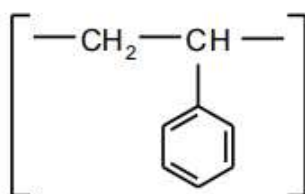
## ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Щолокова А.С.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Зважаючи на актуальність та невідкладність проблем енергоефективності, будівельна галузь прагне задовільнити потреби населення, роблячи це за допомогою найбільш популярного матеріалу для утеплення будівель – пінополістиролу.

Полістирол – це термопластичний полімер, що має лінійну будову та є продуктом полімеризації ненасиченого вуглеводню стирену з хімічною формулою  $C_6H_5-CH=CH_2$ , що у своєму складі містить бензольне кільце.



**Рис. 1. Структурна формула ланки стиролу.**

Полістирол знайшов широке застосування в вигляді сополімерів з іншими речовинами. Найбільш поширеним продуктом є спінений полістирол (EPS), який також називають пінополістиролом або пінопластом [1]. Найширше застосування виріб знаходить в будівництві в якості теплоізоляційного матеріалу.

Серед переваг даного матеріалу можна виокремити його нетоксичність, легкість в обробці, адгезію, високу паропроникність, яка, однак зменшується при температурах, нижчих за нуль. Проте, хоча використання пінополістиролу в якості утеплювача дозволяє досягти цілей енергоефективності, у цього матеріалу є суттєвий недолік – пожежонебезпечність.

Так, в Одесі 29 серпня 2015 року відбулася пожежа у 24-поверховому ЖК «Гагарін Плаза». Пожежа почалася з мансардного поверху, після чого полум'я швидко поширилося до нижніх поверхів та охопило увесь периметр будівлі. Однією з причин розповсюдження пожежі була невідповідність будинку державним архітектурно-будівельним нормам, зокрема використання горючих матеріалів для утеплення зовнішніх стін [2].

Інша схожа пожежа сталася 22 лютого 2024 року в Валенсії, Іспанія [3]. Елітний 14-поверховий житловий комплекс був облицьований алюмінієвими композитними панелями, що мали в своєму складі термопластичні матеріали, що виступили каталізаторами розповсюдження пожежі.

Отже, основною небезпекою з точки зору пожежонебезпечних штукатурних систем, в яких використовується ізоляційна плита пінопласту, є їх потенційна здатність сприяти поширенню вогню на верхні поверхи будівлі, якщо полум'я виходить з фасаду будівлі [4].

Впровадження більш жорстких вимог до пожежної безпеки полімерних матеріалів спонукає промисловість шукати шляхи для підвищення стійкості до займання своєї продукції. На сьогодні для забезпечення відповідності продукції вимогам

пожежної безпеки пропонується застосування антипіренів, наповнювачів, вогнезахисних покриттів та хімічна модифікація полімерів:

- 1) Антипірени.
- 2) Наповнювачі.
- 3) Хімічна модифікація матеріалів.
- 4) Вогнезахисні покриття.

Захист полімерних матеріалів шляхом нанесення вогнезахисного шару може стати як доцільним доповненням до заходів підвищення вогнестійкості полімерного матеріалу, так і самостійно забезпечити захист основи [5–6].

Важливо зазначити, що використання вогнезахисних покриттів для зниження пожежної небезпеки пінополістиролу не впливає на теплофізичні властивості утеплювача. Ефективними є склади, що наносяться на поверхню пінополістирольної плити. Як приклад можна навести вогнезахисні склади, приготовлені на основі водного розчину рідкого скла та негорючих добавок. Застосування таких захисних шарів на поверхню матеріалу забезпечить захист матеріалу від проникнення води в вологих умовах експлуатації. Крім того, високими адгезійними властивостями характеризуються вогнезахисні покриття на основі водного розчину рідкого скла з додаванням каолінової глини, водного розчину плиткового клею та рідкого скла з додаванням глини [7–8].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Hossain, M.D. et al. (2022). Fire behaviour of insulation panels commonly used in high-rise buildings. *Fire*. Т. 5. № 3. С. 81.
2. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування.
3. Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Жернокльов К.В. Електронний підручник з дисципліни «Теорія розвитку та припинення горіння». Х.: УЦЗУ, 2007
4. Яковчук Р.С. та ін. Теплоізоляційно-оздоблювальні системи фасадів будинків як фактор підвищеної пожежної безпеки. 2018.
5. Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А. Development of a fire-proof coating containing silica for polystyrene. 2023.
6. Babrauskas, V., Fuoco, R., Blum, A. (2014). Flame Retardant Additives in Polymers: When do the Fire Safety Benefits Outweigh the Toxicity Risks? *Polymer green flame retardants*. Elsevier. С. 87–118.
7. Хом'як Я.І. и др. Особливості пожежної небезпеки теплоізоляційно-оздоблювальних систем фасадів будинків. ОРГКОМІТЕТ. 2018. С. 524.
8. Wang, L., Wang, C., Liu, P., Jing, Z., Ge, X., Jiang, Y. (2018). The flame resistance properties of expandable polystyrene foams coated with a cheap and effective barrier layer. *Construction and Building Materials*. 176. 403–414. Doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.



УДК: 628.1

## ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ БЕТОНУ ВІД БІОГЕННОЇ СІРЧАНОКИСЛОТНОЇ АГРЕСІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ

*Юрченко В.О., д.т.н., професор,*

*Мельнікова О.Г., к.т.н., доцент,*

*Телюра Н.О., к.т.н., доцент*

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова*

У каналізаційних мережах корозійне руйнування бетонних самопливних колекторів характеризується великою швидкістю і масштабністю процесу, зумовлюючи до 70 % аварій на цих об'єктах [1–3]. Оскільки бетон і залізобетон застосовують як конструкційні матеріали для великомасштабних споруд водовідведення - каналізаційних колекторів, то відмови в їхній роботі, а тим паче аварії, приносять значний економічний і економічний збиток та порушення у функціонуванні підприємств і міського господарства [1, 4, 5].

Загалом схема утворення агресивного середовища та його вплив на бетон/залізобетон склепіння колектора уявляється такою, що складається з декількох етапів [4, 6]:

- утворення сірководню в стічній воді;
- виділення сірководню зі стічної рідини в підсводовий простір;
- розчинення сірководню в конденсатній волозі на склепінні й окислення тіоновими бактеріями до сірчаної кислоти,
- взаємодія біогенної сірчаної кислоти з цементними гідратами бетону.

Захист бетону каналізаційних колекторів від мікробіологічної корозії є обов'язковою умовою довговічності цих споруд, їх екологічної безпеки для міських регіонів. До найпопулярнішого напрямку запобігання корозії каналізаційних колекторів можна віднести захист бетону різними просоченнями, органічними та неорганічними обмазувальними покриттями [6, 7]. Випробування ефективності органічних обмазувальних покриттів під час обробки ними стандартних бетонних балочок показали, що більшість із них (високоєфективних під час експозиції в розчинах сірчаної кислоти) не витримують експозиції на склепінні каналізаційних колекторів [6].

Мета роботи – виявлення серед продуктів метаболізму бактерій на склепінні каналізаційного колектора сполук, що сприяють проникненню сірчаної кислоти через полімерне покриття.

У динаміці корозійного процесу концентрація органічного вуглецю в бетоні зростає, причому, концентрація органічного вуглецю на кілька порядків перевершує розрахункову концентрацію в ньому вуглецю біомаси живих бактерій. Підсмоктування стічної рідини в низці досліджень виключали підвищенням зразків бетону в сітках на склепінні. У продуктах корозії виявлено цілу низку нерозчинних у воді, але таких, що витягуються в розчин органічними розчинниками (ліпідоподібних) сполук. Концентрація ліпідів у бетоні корелювала з глибиною корозійного процесу. Вуглець ліпідів становив до 30 % органічного вуглецю, які були виявлені в бетоні.

Методом тонкошарової хроматографії серед ліпідів ідентифіковано фосфоліпіди. Присутність фосфоліпідів у продуктах метаболізму тїобацил необхідно враховувати при моделюванні мікробіологічної корозії бетону в лабораторних умовах за допомогою хімічних реагентів, а також при виборі покриттів для захисту бетону від цього виду корозії.

Ідентифікація органічних сполук, виконана на хроматомас-спектрометрі «Hewlett Packard», свідчить про те, що як в умовах виробничого експерименту, так і в

лабораторних розплідниках, асоціація тіобацил накопичувала органічні сполуки, які належали до 4 основних груп: ефіри фталевої кислоти, алкани (парафіни) з кількістю атомів вуглецю в молекулі до С36, спирти, ароматичні сполуки.

У бетоні розплідників і в бетоні зразків, що поміщаються в колектор, переважали парафіни, у культуральній рідині - більш розчинні у воді сполуки - ефіри фталевої кислоти. У незначних концентраціях у досліджених субстратах було виявлено органічні кислоти, що мають 4–6 вуглецевий скелет, органічні азотовмісні сполуки (азотисті підстави, моно- і діаміни, нітросполуки та ін.), сірковмісні органічні сполуки (цистеїн, похідні спиртів).

Можна припустити, що парафіни є, найімовірніше, продуктами деструкції клітинних стінок бактерій, тому що саме ці сполуки можуть забезпечити захист бактерій від екстремальних концентрацій сірчаної кислоти в навколишньому середовищі. Інші органічні сполуки, виявлені в екстрактах, імовірно, є продуктами метаболізму тіобацил. Але як ті, так і інші можуть розчиняти органічні покриття, які використовують для захисту бетону від мікробіологічної сірчаноокислотної агресії. Тому випробування зразків у модельних розчинах сірчаної кислоти не відтворює повного обсягу впливів, створюваного змішаними мікробіоценозами, що розвиваються на склепінні каналізаційного колектора.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Каналізаційні трубопроводи: надійність, діагностика, санація. Донецьк: ІЕП НАН України, 2003. 260 с.
2. Stein, Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ruhr-University Bochum (RUB), Faculty of Civil Engineering, Germany, 2001.
3. Jia, R., Unsal, T., Xu, D., Lekbach, Y., Gu, T. (2019). Microbiologically influenced corrosion and current mitigation strategies: A state of the art review. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 137. 42–58.
4. Sun, X. (2015). Improving the understanding of concrete sewer corrosion through investigations of the gaseous hydrogen sulfide uptake and transformation processes in the corrosion layer, Ph.D. thesis. The University of Queensland, Brisbane, Queensland.
5. Wu, M., Wang, T., Wu, K., Ka, L. (2020). Microbiologically induced corrosion of concrete in sewer structures: A review of the mechanisms and phenomena. *Construction and Building Materials*. 239. 117–813.
6. Iurchenko, V., Melnikova, O., Levashova, Y., Kosenko, N. (2023). Corrosion of Concrete in a Water Management Structure in Conditions of Biogenic Sulfuric Acid Aggression *Key Engineering Materials*. 953 55–62.
7. Lloyd, R.R., Provis, J.L., Deventer, J.S. (2012). Acid resistance of inorganic polymer binders. 1. corrosion rate. *Materials and Structures*. 45. 1–14.

## THE INFLUENCE OF ULTRA-LOW DOSES OF SURFACTANTS ON THE STRENGTH OF ARTIFICIAL STONE OBTAINED FROM A MIXTURE OF NANOPOWDER

*Domnichev A.,  
Shyshkin O., Doctor of Technical Sciences, Professor  
National University of Kryvyi Rih*

Cement stone is one of the oldest products of nanotechnology, which is still used by man. This conclusion is based on the fact that the initial components, as a result of the interaction of which cement stone is formed, are cement particles, the size of which usually does not exceed 100 microns, and water. That is, the size of the initial components of cement stone corresponds to the concept of "nano".

A significant disadvantage of the artificial stone obtained in the process of hydration of cement nanoparticles is its significant water permeability, which is a consequence of the porosity formed due to the removal of excess moisture in the process of hydration of the system.

As is known, the amount of water added to cement during the preparation of concrete is much greater than that required for its chemical binding in cement hardening products. Excess water evaporates, leaving pores, which increases the porosity of cement stone and increases its permeability to external environments, and therefore reduces stability and durability.

One of the main methods of reducing the water permeability of cement stone and increasing its strength at present is the reduction of the water-cement ratio. However, this method has limitations in application, since a decrease in the water-cement ratio always entails not only an increase in the strength of the cement stone, but also a decrease in the ease of laying the concrete mixture, which is not always advisable and requires additional measures to increase the ease of use of the concrete mixture.

Another way to increase the density of cement stone is to reduce the amount of water that evaporates from the cement stone. It is obvious that the more water will be bound into stable, strong minerals during cement hardening, the less will be the shrinkage of cement stone and the higher its density and, accordingly, strength. This is consistent with the conclusion made in [1] that it is better to use as a binder for concrete the one whose hardening is accompanied by strong, stable binding of the maximum amount of water with moderate shrinkage and, accordingly, a significant increase in volume. volume of the formed solid phase in comparison with the volume of the initial solid phase. This position is confirmed by the data given in [2], that when aluminates are translated into a more complex form, for example, sulfoaluminates, a significant reduction in the defects of the cement stone structure is observed due to the microreinforcing action of the cement stone structures. In addition, an increase in the water content in the hardened cement stone leads to an increase in the modulus of elasticity of the cement stone, that is, a decrease in its deformability under the action of operational loads.

A change in the relative compressive strength of artificial stone formed as a result of hardening of the system "cement nanopowder – calcium carbonate nanopowder – water – surfactant" has been established, depending on the surfactant content in the system. The optimal surfactant content for strength varied from 0,00025 to 0,00028 % by weight of nanopowders.

Improving the properties of cements, in particular increasing the strength of their stone and the speed of its formation, is currently conducted in three main directions: modification of the structure of cement stone; catalysis of reactions occurring in the "cement - water" system,

in particular the use of the effect of ultra-low concentrations; purposeful regulation of the mineralogical composition of the binder.

The most promising way to improve the properties of concrete is the use of catalysis of reactions occurring in the "cement nanoparticles - water" system. This conclusion is based on the very essence of the catalysis process, when extraneous (additional) substances are not added to the reaction products between interacting substances.

The aim of the work is to determine the effectiveness of the use of surfactants in ultra-small doses during the hardening of a mixture of cement nanopowder and calcium carbonate nanopowder.

First of all, it should be noted the presence of the greatest effect of nanomodification, which was shown by the applied surfactant (increase in compressive strength at the age of 7 days by 70 %, and at the age of 28 days by 25 % in relation to the strength of concrete of the control composition). This confirms the presence of a catalytic effect from the use of surfactants in ultra-low concentrations.

The results of the study show that the introduction of ultra-small doses of surfactants in a mixture of nanopowders of cement and calcium carbonate leads to an increase in the strength of the resulting artificial stone not only in compression, but also in bending. The strength of artificial stone obtained as a result of hardening of a mixture of nanopowders of cement and calcium carbonate in the presence of ultra-small doses of surface-active substances at the age of 28 days is at least 25 % higher in comparison with the strength of artificial stone obtained on the basis of only nanopowders of cement that hardened without additives and not less than 60 % at the age of 7 days. Thus, the introduction of surfactants into cement nanopowder in ultra-small doses leads to a significant increase in the strength of the resulting artificial stone when 20 % of the cement nanopowder is replaced by calcium carbonate nanopowder. The study showed a strong influence of microdosage of surfactants on the quality and porosity of fine-grained concrete, which should increase strength and reduce porosity. Thanks to this, it can be stated that microdoses of surfactants significantly affect the change in the nature of the processes of hardening and structuring of cement stone. Due to the introduction of microdoses of surfactants, the mechanical strength of cement stone increases to 25 %. This allows us to talk about the effectiveness of using ultra-small doses of surfactants in such technological operations as creating mixtures of certain nanopowders with cement nanopowder. This indicates the possibility of purposeful regulation of the formation of a strong structure of cement stone due to the use of surfactants in ultra-small doses when replacing part of the cement nanopowder with cheaper nanopowders. Research results can be used in the construction, reconstruction, repair and strengthening of reinforced concrete structures of buildings and structures, in particular airports. That will ensure the reduction of construction works and increase their quality.

## REFERENCES

1. Dvorkyn, L.I., Kazyma, V.P. (2003). *Effektivnyye lytye betony*. Lvov: Vyshch. shk. 144.
2. Shyshkina, O.O. (2020). *Keruvannia strukturoiu vody, pryznachenoї dlia vyhotovlennia dribnozernystoho betonu*. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. 101. 3. 133–141.

UDK 614.843

## THE EFFECT OF THE BREAKTHROUGH WAVE OF FLAMMABLE LIQUID IN THE DESTRUCTION OF OIL TANKS ON PEOPLE, BUILDINGS AND STRUCTURES

*Rudakov S., Ph.D. (Technical Sciences), Associate Professor  
National University of Civil Defence of Ukraine*

Distinctive signs of the destruction of the vertical steel tank (VST) are the complete loss of the integrity of the case and the release within a short period of time (no more than 10–15 seconds) to the adjacent territory of all the liquid stored in the tank in the form of a powerful flow - a wave breakthrough. At the same time, the wave is characterized by sharp non-stationarity, the presence of a front in the form of a bore (shaft), which moves at a significant speed and has great destructive power. Therefore, it should be noted that during the last hundred years, earthen embankments or enclosing walls are included in the main structures for limiting the emergency spillage of liquids in tank farms, the calculation of which is carried out only on the hydrostatic retention of the spilled liquid. The analysis of the consequences of the destruction of the VST convincingly shows that such obstacles are not able to hold the flow moving according to the laws of hydrodynamics, as a result of which such accidents have repeatedly led to injuries and deaths of people, significant material and environmental damage.

When the walls of the tank are fully opened, the initial state of the liquid stored in it is disturbed: the parameters of the movement change over time at individual points of the space occupied by the moving liquid, as a result of which an unsteady movement in an open channel occurs. In open channels, unsteady movement is accompanied by variables, both in time and along the length of the channel, by velocities, depths, flows, live cross-sectional areas of the flow, and other characteristics. The change in fluid movement parameters, in turn, is the consequence of moving downstream of the breakthrough wave. As a result of a sudden change in the depth of the flow in a short distance (the distance from the tank to the protective fence or to the neighboring tanks in the group is considered), the movement of the liquid will change rapidly, and the breakthrough wave will become an intermittent wave, which is characterized by the presence of a front in the form of a shaft, which moves at a high speed and has great destructive power. The vertical component of the acceleration of the breakthrough wave plays a significant role here, since the effect of friction in the channel can be practically neglected in comparison with the dynamic effect of the flow movement.

The main way to solve the problem associated with the formation of a breakthrough wave in the event of a sudden tank collapse and its propagation in a wide rectangular channel with a constant slope are methods of computational hydraulics that use Saint-Venant differential equations of the form:

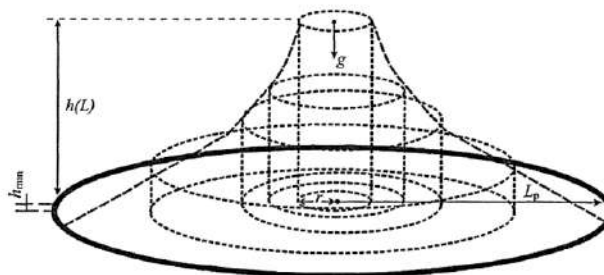
$$\begin{cases} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial q}{\partial t} + \partial \left( \frac{q^2}{h} + gh^2 \right) - ghI + \frac{\lambda}{2} q^2 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

where  $h$  is the flow depth;  $q$  – consumption per unit of width;  $g/h$  – flow rate;  $I$  – the slope of the bottom of the channel;  $t$  – time;  $x$  – spatial variable;  $\lambda$  is the coefficient of hydraulic friction.

Equations (1), in this case, are reduced to the form of laws of conservation of mass and momentum. This form of notation of the equations allows us to consider as generalized solutions of the system such solutions that satisfy the corresponding conservation laws in integral form and include hydraulic jumps.

The solution to the problem of unsteady fluid movement in an open channel is reduced to the integration of the Saint-Venant equations or their modifications.

According to the statistics of destruction of the VST, not a single case of completely radial movement of the liquid was noted. This is explained by the fact that the destruction of the reservoir occurs almost instantaneously ("quasi-instantaneous"), that is, for some time, the walls of the destroyed tank affect the formation of the flow. Thus, in the event of an accident, there is always a main direction of movement of the wave, which has the greatest destructive power. Estimating the spreading time, the task was formulated as the gravitational spreading of a "cylindrical" liquid layer formed as a result of the accident of the RVS (Figure 1).



**Fig. 1. Schematic diagram for calculating the gravitational spreading of a cylindrical liquid layer.**

According to the results of the analysis of theoretical and experimental studies of the breakthrough wave during the destruction of hydraulic structures, as well as the methods of calculating the maximum parameters of the flow along the spreading path during hydrodynamic accidents, we accept the following assumptions:

- the calculation of the main parameters of the breakthrough wave ( $U_{vp}$ ,  $P$ ) along the spreading path was carried out for deep liquid layers  $H_{vp} > 0.25$  m.
- the main parameters of VST  $D_r$ ;  $N_r$  - the height of the wall of the VST, m) with a nominal volume of 700, 5000, 10000, 20000, 30000 and 50000 m<sup>3</sup> is acceptable in accordance with the recommendations;
- the degree of filling of tanks with liquid (water) is taken as equal to 0.95;
- the path of liquid spreading in the flooding zone had a slope  $i < 0.015$ .

In addition, in order to comply with conditions as close as possible to real ones, the following factors are taken into account during modeling the distance (13) from the embankment to the road surface is 5.0 m;

the width (14) and height ( $h_d$ ) of the roadway is 6.0 and 0.3 m, respectively.

A full-scale experiment was conducted on the quasi-instantaneous destruction of VST-700 m<sup>3</sup> with water, based on the analysis of the results, the mechanism of the formation and movement of the liquid flow, as well as the interaction with the normative collapse, was determined.

The proposed principle of development of the VST fence to contain the breakthrough wave, on the basis of which a variant of the constructive implementation of the obstacle was developed - an enclosing wall with a wave-reflecting canopy.

## ON METHODS OF ACCOUNTING MILITARY ACTIONS IN METHODS FOR CALCULATING TECHNOGENIC HAZARDS

*Teslenko O., Associate Professor  
National University of Civil Defence of Ukraine*

This is a work on methods of accounting military actions in the methods for calculating technogenic hazards. It is a continuation of a number of works on the study of technogenic safety using the R function and state space [1–7]. The approach of earlier works was used, in which the assessment of technogenic hazard was carried out using methods of set theory and state space. This paper proposes a methodology in which a superstructure is made over the previous methods, the aim of which is to calculate a certain correction to the solutions obtained by the existing methods. The correction allows us to take into account the impact of military actions on changes in danger of production facilities. You can implement accounting of military actions as follows. It would be more correct to change the algorithm in such a way as to take into account the impact of the damaging factors of enemy combat weapons. However, it is much easier to make amendments to standard threat assessment procedures that do not take into account possible military operations. Briefly, you can take into account military operations:

- constructing a mathematical algorithm that takes into account the factors of means of warfare;
- by constructing a correction to the results of standard procedures for assessing man-made hazards without taking into account military operations.

In case of taking into account corrections to the results of standard procedures, military actions can be taken into account:

1. multiplicatively;
2. additively;
3. in a combined way, that is linear;
4. using a more complex or arbitrary mathematical procedure.

As in [5] mentioned above, the state space approach, operator approach and R function method are used. The example of a dangerous object is also taken from there. The numerical data are the same.

In the case of searching for corrections to calculations, the calculation algorithm can be represented as an operator, in the general case, of an arbitrary structure, which is applied to the vector of hazard criteria, i.e., acts in the space of hazard criteria. In the simplest case, the correction associated with military actions, as already noted, can be taken into account multiplicatively or additively or in a combined linear way. I.e., a linear operator can be applied to the space of hazard criteria. If we imagine everything that has been said more abstractly as a whole, then we need to come to the idea of an operator for accounting military actions, which in the simplest case can be linear, quadratic, in more complex cases, closer to reality, have a more complex form. In general:

$$\vec{a}' = W(\vec{a}), \quad (1)$$

where  $\vec{a}$  is a hazard criteria vector,  $\vec{a}'$  is a hazard criteria vector taking into account combat operations,  $W$  – combat accounting operator.

Bearing in mind that

$$\vec{a} = E(\vec{f}), \quad (2)$$

where  $\vec{f}$  is the vector of hazard factors corresponding to a dangerous object can be written

$$\vec{a}' = W(E(\vec{f})) \text{ or } \vec{a}' = WE(\vec{f}) \quad (3)$$

where WE is operator consisting of sequential application of operators W and E.

The most general quadratic case:

$$W(\vec{a}) = W_{\text{gqc}} \cdot (\vec{a} \otimes \vec{a}) + W_{\text{glc}} \cdot \vec{a} + \vec{b} \quad (4)$$

where  $\vec{b}$  is a case of a constant,  $\otimes$  is the Kronecker product. Examples of calculations are obtained for the quadratic case.

This work raises more questions than it answers. The difficulty with this approach is in creating linear, quadratic and other coefficient matrices.. Selecting such matrices or finding an algorithm for obtaining them is a difficult task. Although this is a much simpler task than accounting military actions directly in the technogenic hazards of production facilities. One can hope that the issues of creating such matrices will become clearer when setting specific tasks for recording combat operations.

#### REFERENCES

1. Teslenko, A.A., Tokar A.I. (2014). Reliable estimates explosion for externalunitin Russia, Belarus and Ukraine. Eastern european scientific journal. Dusseldorf. 210–215. Doi 10.12851/EESJ201410
2. Categories definition of premises, buildings and outdoor units for explosion and fire hazard: DSTU B V.1.1-36-2016. Official edition. K.: Minregion of Ukraine, 2016. 31 p. (Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Affairs of Ukraine, dated 15.06.2016 No. 158, effective from 01.01.2017)
3. Teslenko, A.A., Tokar, A.I. (2014). Methods for assessing the explosion hazard of outdoor units in Russia, Belarus and Ukraine. Problems of fire safety Digest of Scientific Tr. NUTSZU. Kharkov: NUGZU, 2014. Is. 36. 259–265.
4. Teslenko, A.A., Royanov, A.N. (2015). Methods for assessing the fire hazard of premises in Russia, Belarus and Ukraine. Problems of fire safety Digest of Scientific Tr. NUTSZU. Kharkov: NUGZU, 2015. Is. 37. 223–227.
5. Teslenko, A., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O., Kunitsa, E., Kalyna, V., Katunin, A., Kobzin, V., Minka, S. (2019). Construction of an algorithm for building regions of questionable decisions for devices containing gases in a linear multidimensional space of hazardous factors. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. ISSN 1729-3774. 5/10 (101). 42–49. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.1>.
6. Teslenko, O.O. Normative act mathematical algorithm linearization. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 211–213.



## СЕКЦІЯ 2

## МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

УДК 351:004

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ДЕРЖАВНОМУ УПРАВЛІННІ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ НА ПРИКЛАДІ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ

*Арутюнян В.Е., аспірант  
Класичний приватний університет*

Використання штучного інтелекту в державному управлінні надзвичайними ситуаціями, особливо при радіаційних аваріях, відкриває нові можливості для підвищення ефективності реагування та мінімізації наслідків для людей та довкілля. Розвиток технологій штучного інтелекту дозволяє створювати все більш точні та адаптивні системи, здатні оперативно аналізувати ситуацію, приймати рішення та надавати підтримку у критичних ситуаціях.

Огляд останніх досліджень і публікацій розглядає застосування штучного інтелекту (ШІ) у різних аспектах ядерної безпеки, включаючи моніторинг, діагностику, прогнозування поведінки атомних реакторів, а також оптимізацію безпеки та ефективності атомних електростанцій (АЕС). Цими дослідженнями займалися Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) [1], Чуньюань Чжан та ін. [2], Коді Вокер та ін. [3], Бін Лю та ін. [4].

Штучний інтелект (ШІ) відіграє ключову роль у вдосконаленні систем реагування на надзвичайні ситуації, зокрема при радіаційних аваріях, завдяки своїм здібностям аналізувати дані з датчиків радіації в реальному часі. Це дозволяє не лише виявляти аномалії, які можуть свідчити про аварії або підвищення рівня радіації, але й прогнозувати траєкторії розповсюдження радіаційного забруднення. Такий аналіз сприяє більш ефективному плануванню реагування, включаючи розробку оптимальних маршрутів евакуації, що враховують прогнозоване розповсюдження радіації та поточний стан транспортної мережі.

ШІ також сприяє створенню інтелектуальних систем попередження, які автоматизують процес інформування громадськості та екстрених служб про потенційні небезпеки. Великі обсяги даних з різних джерел обробляються для швидкої оцінки збитків від радіаційного впливу на здоров'я людей та довкілля, дозволяючи приймати обґрунтовані рішення щодо відновлювальних заходів.

Додатково, ШІ керує роботизованими системами для виконання робіт у зонах з високим рівнем радіаційного забруднення, де присутність людей є небезпечною або неможливою. Створення детальних симуляцій наслідків радіаційних аварій допомагає не тільки в аналізі ефективності існуючих планів реагування, але й у розробці нових стратегій, оцінюючи потенційні наслідки різних сценаріїв аварій.

ШІ також використовується для розробки освітніх програм, спрямованих на навчання державних службовців, рятувальників та громадськості ефективним діям у випадку радіаційної аварії, а також для розробки персоналізованих рекомендацій на основі аналізу індивідуальних потреб та умов.

ШІ слугує основою для розробки платформ спільної роботи, що забезпечують ефективний обмін інформацією та координацію дій між різними урядовими та міжнародними організаціями під час реагування на надзвичайні ситуації. Це особливо важливо для синхронізації зусиль у великомасштабних або транскордонних кризових

ситуаціях, де швидкість та точність інформаційного обміну можуть врятувати життя.

Крім того, аналіз соціальних мереж за допомогою алгоритмів ШІ дозволяє оперативно виявляти зміни в громадській думці, питання та занепокоєння, що виникають під час кризових ситуацій. Це допомагає владі та екстреним службам швидше реагувати на потреби населення, адаптуючи свої комунікаційні стратегії та заходи реагування до актуальних обставин.

Загалом, впровадження ШІ в управління надзвичайними ситуаціями відкриває нові горизонти для зміцнення резилієнтності суспільства та зменшення ризиків для людського життя та здоров'я. Штучний інтелект не лише оптимізує існуючі процеси реагування на кризи, але й пропонує інноваційні рішення для передбачення та управління майбутніми викликами. Однак для забезпечення ефективності таких систем необхідно враховувати етичні міркування, забезпечувати прозорість використання даних і захищати конфіденційність інформації.

Розвиток та впровадження штучного інтелекту в державне управління надзвичайними ситуаціями вимагає комплексного підходу, що включає наукові дослідження, технічні інновації, законодавчі ініціативи та міжнародну співпрацю. Подальше вдосконалення технологій ШІ та їх ефективне використання може значно підвищити ефективність та швидкість реагування для ліквідації аварійних ситуацій. Втім, важливо також зосередитися на розробці нормативно-правової бази для регулювання використання штучного інтелекту в критично важливих областях, включаючи гарантії прозорості використання алгоритмів, відповідальність за прийняті на їх основі рішення, а також етичні принципи роботи з даними. Ключовим аспектом впровадження ШІ у сферу державного управління надзвичайними ситуаціями є також підготовка кваліфікованих кадрів, здатних не тільки розробляти та обслуговувати відповідні системи, але й грамотно інтегрувати їх в існуючі процеси прийняття рішень. Розвиток технологій штучного інтелекту та їх застосування в управлінні надзвичайними ситуаціями вимагає також створення міжнародного співробітництва для обміну досвідом, науковими знахідками та найкращими практиками. Це дозволить не тільки підвищити глобальну безпеку, але й сприяти розвитку інновацій у цій важливій галузі. У підсумку, інтеграція штучного інтелекту в системи реагування на надзвичайні ситуації відкриває величезний потенціал для покращення безпеки, ефективності та швидкості відновлення після аварій. Водночас успішне впровадження цих технологій вимагає комплексного підходу, який включає технічні, правові, етичні та освітні аспекти.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Iaea safety standards series. No. SSG-54 Accident management programmes for nuclear power plants. Specific safety guide. International atomic energy agency. 2019.
2. Zhang, C., Chen, P., Jiang, F. Xie, J., Yu, T. Fault. (2023). Diagnosis of Nuclear Power Plant Based on Sparrow Search Algorithm Optimized CNN-LSTM Neural Network. *Energies*. 16 (2934). URL: <https://doi.org/10.3390/en16062934>
3. Walker, C., Agarwal, V., Ramuhalli, P., Lybeck, N.J., Taylor, M. (2022). Development of an end state vision to implement digital monitoring in nuclear plants. Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society.
4. Liu, B., Lei, J., Xie, J., Zhou, J. (2022). Development and Validation of a Nuclear Power Plant Fault Diagnosis System Based on Deep Learning. *Energies*. 15 (8629). URL: <https://doi.org/10.3390/en15228629>

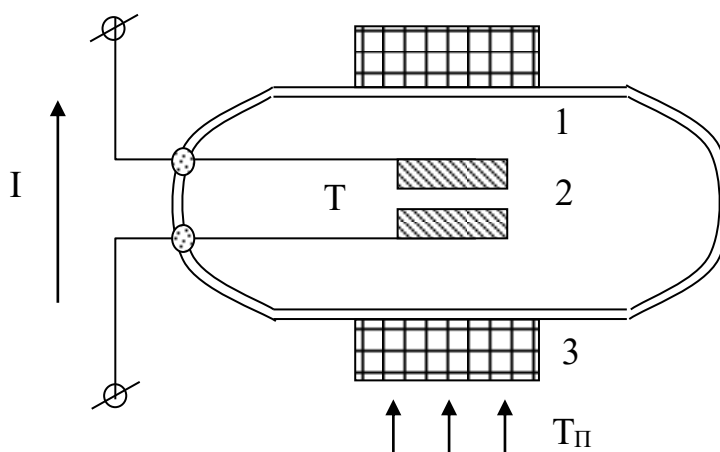
## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНОКОНТАКТНОГО ТЕПЛООВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З ОДНОДОМЕННИМ ФЕРОМАГНІТОМ

*Дема Б.Ю.,*

*Дурсєв В.О., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

В переважній кількості теплових СП, що застосовуються в Україні, у якості ЧЕ застосовується магнітноконтатний геркон (СПТМ-62, СПТМ-70). Прийємо наступну розрахункову схему для такого СП, рис. 1.



**Рис. 1. Розрахункова схема магнітноконтатного чутливого елемента:  
1 – геркон; 2 – контакти; 3 – кільцевий постійний магніт.**

Так залежність намагніченості ЧЕ з однодомених феромагнітних матеріалів від температури

$$M_{\text{одн}} = M_0 \sqrt{\frac{A\alpha}{k_B T}}, \quad (1)$$

де  $M_{\text{одн}}$  – намагніченість однодоменого феромагнітного ЧУ при поточній температурі, А/м;  $M_0$  – намагніченість однодоменого феромагнітного матеріалу ЧУ при  $T = 0$  К, А/м;  $A$  – ефективна константа обмінної взаємодії;  $a$  – параметр решітки (структури) матеріалу контактів, м;  $k_B$  – постійна Больцмана, Дж/К;  $T$  – поточна температура, К.

Для переходу до лінійної форми (1), дорівнюємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{одн}}}{dT} = \frac{k_{\text{одн}}}{\sqrt{T^3}}; \quad k_{\text{одн}} = -\frac{1}{2} M_0 \sqrt{\frac{A\alpha}{k_B}}. \quad (2)$$

Тепло, що передане та поглинене магнітноконтатним герконом

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{dt} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\text{П}}, \quad (3)$$

де  $m$  – маса контактів, кг;  $C$  – теплоємність матеріалу контактів, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\tau$  – час, сек;  $T$  – температура контактів, К;  $F$  – площа поверхні контактів, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $T_{\Pi}$  – температура навколишнього повітря, К.

Для отримання математичних та розрахункових залежностей параметрів роботи магнітноконтактного сповіщувача з ЧЕ з однодомених феромагнітних матеріалів, підставимо рівняння залежності намагніченості (2) в формулу балансу тепла (3), отримаємо:

$$C \cdot m \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot \frac{d}{dt} dM_{\text{одн}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot dM_{\text{одн}} = \alpha \cdot F \cdot dT_{\Pi} \quad (4)$$

Виконаємо лінеаризацію (4)

$$C \cdot m \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot \frac{M_{\text{одн0}}}{M_{\text{одн0}}} \cdot \frac{d}{dt} \Delta M_{\text{одн}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{\sqrt{T^3}}{k_{\text{одн}}} \cdot \frac{M_{\text{одн0}}}{M_{\text{одн0}}} \cdot \Delta M_{\text{одн}} = \alpha \cdot F \cdot \frac{T_{\Pi 0}}{T_{\Pi 0}} \cdot \Delta T_{\Pi} ; \quad (5)$$

$$\frac{\dot{m}_{\text{одн}}}{M_{\text{одн0}}} = \frac{1}{M_{\text{одн0}}} \cdot \frac{d}{dt} \Delta M_{\text{одн}} ; \quad \overline{m}_{\text{одн}} = \frac{\Delta M_{\text{одн}}}{M_{\text{одн0}}} ; \quad \overline{t}_{\Pi} = \frac{\Delta T_{\Pi}}{T_{\Pi 0}} ; \quad (6)$$

$$T_{\text{одн}} \overline{m}_{\text{одн}} + \overline{m}_{\text{одн}} = K_{\text{одн}} \overline{t}_{\Pi} ; \quad (7)$$

$$T_{\text{одн}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F} ; \quad K_{\text{одн}} = \frac{k_{\text{одн}}}{\sqrt{T^3}} \frac{T_{\Pi 0}}{M_{\text{одн0}}} , \quad (8)$$

де  $M_{\text{одн0}}$  – намагніченість однодоменого феромагнітного матеріалу ЧУ у вихідній точці, А/м;  $T_{\Pi 0}$  – температура повітря у вихідній точці, К;  $T_{\text{одн}}$  – інерційність, с;

$K_{\text{одн}}$  – коефіцієнт посилення;  $\overline{m}_{\text{одн}}$ ,  $\overline{t}_{\Pi}$  – відносні змінні.

**Висновки.** Отримана математична модель магнітноконтактного сповіщувача для контактів з однодоменого феромагніту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Abramov, Y., Basmanov, O., Salamov, J., Mikhayluk, A. (2018). Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2. 95–100. Doi: 10.29202/nvngu/2018-2/12

## ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПІД ЧАС ГАСІННЯ КРУПНИХ ПОЖЕЖ

*Зубаренко О.В.<sup>1</sup>,*

*Тригуб В.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

У разі гасіння крупних пожеж керівних гасіння пожежі стикається з двома видами інформаційної кризи. Перший вид інформаційної кризи (криза дефіциту інформації) пов'язаний з недоліком об'єктивної інформації, яка потрібна для прийняття раціональних управлінських рішень. Другий вид кризи (криза надлишку інформації) пов'язаний з надлишком інформації. Надлишкову кризу інформації потрібно розділити на три категорії: умовно надмірна – потребує обробки інформації при управлінні до п'яти об'єктами (оперативних дільниць на місця пожежі); надлишкова – від п'яти до дев'яти об'єктів управління; надмірна інформаційна криза – управління десятима та більше об'єктами.

При гасінні пожежі дефіцитна криза змінюється надмірною при збільшенні кількісного складу сил та засобів пожежно-рятувальних підрозділів на місці пожежі. Моніторинг при дефіцитному виді кризи вирішує задачу інформаційного забезпечення із використанням стаціонарних засобів моніторингу: автоматичної пожежної сигналізації, стаціонарних систем відеоспостереження тощо. Цю інформацію керівник гасіння пожежі одержує самостійно. Моніторинг при надмірному виді кризи може реалізуватися з використанням мобільних засобів моніторингу: пристроїв збору інформації, які розташовані на безпілотних літальних апаратах (БПЛА). Таку інформацію керівник гасіння пожежі отримує від посадових осіб штабу на пожежі (оперативної групи моніторингу) [1].

Зміна однієї інформаційної кризи іншою відбувається в момент розвитку системи управління на пожежі відповідно до періодів прибуття додаткових сил та засобів пожежно-рятувальних підрозділів. Зазвичай зосередження сил і засобів відбувається відповідно до рангу пожежі (номера виклику) [2]. Однак, на практиці найчастіше відходять від поняття «ранг пожежі» та висилають додаткові сили та засоби, оцінюючи необхідну кількість сил та засобів.

Під «крупною» пожежею розуміється пожежа, яка вимагає для її гасіння зосередження великої кількості сил і засобів, створення для управління ними організаційної системи, яка передбачає вирішення завдань надмірної інформаційної кризи шляхом її безперервного моніторингу [3].

Слід зазначити, що крупні пожежі, з погляду організаційної системи управління та з економічної погляду, це не одне й теж саме. Проте, крупні пожежі з організаційною системою управління завжди є складною проблемою з погляду тактики гасіння і, зазвичай, мають резонансний характер. На крупних пожежах в розвинених організаційних системах створюються інформаційно-аналітичне забезпечення вирішення задач управління, в яких окрема важлива роль відводиться результатам моніторингу показників, які визначають оперативну обстановку на пожежі [4,5].

Під час проведення аналізу системи моніторингу, спрямованої на вирішення проблем надлишкової інформаційної кризи, необхідно розглянути структуру системи моніторингу, а також основні задачі, які стоять перед системою загалом.

Сучасний стан системи профілактики та боротьби з крупними пожежами в техногенному середовищі визначає необхідність постійного моніторингу показників, що

характеризують оперативну обстановку на місці крупної пожежі. Для вирішення цієї задачі використовуються різні за структурою, функціями та алгоритмічним наповненням технічні та інформаційні системи [6,7]. Однак у разі виникнення конкретних проблемних ситуацій, пов'язаних із тривалими періодами моніторингу пожеж, на практиці використовують в режимі реального часу мобільні засоби, які зазвичай розміщують на БПЛА.

У зв'язку з цим виникають дві практичні задачі оцінки якості моніторингу, які полягають у наступному: з одного боку, необхідно оцінити кількість засобів моніторингу для його якісної реалізації на практиці, з іншого – при заданій кількості засобів моніторингу необхідно обчислити характеристики системи моніторингу в цілому та зробити висновки щодо очікуваним властивостям системи моніторингу. Критерій якості моніторингу – це можливість безвідмовної роботи засобів моніторингу, тобто інтегральна функція розподілу випадкової величини числа «відмов» засобів моніторингу. Використовуючи цю аналогію, необхідно ввести поняття показника якості організації моніторингу великої пожежі як кількісної величини, що характеризує відношення часу, при якому здійснюється моніторинг за допомогою засобів моніторингу до загального запланованого часу моніторингу.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Дробот Р., Гарбуз С. Застосування БПЛА для попередження надзвичайних ситуацій природного характеру. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2023. С. 6.
2. Про затвердження Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж: наказ Міністерства внутрішніх справ від 26.04.2018 р. № 340. Офіційний вісник України. 2018. № 57. С. 81.
3. Савченко О.В., Могильна А.С. Теорія та практика використання БПЛА у ДСНС для ліквідації наслідків НС. Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах». Харків: ХНАДУ, 2023. С. 158–159.
4. Ковальов О.О., Неклонський І.М. Науково-технічні аспекти впровадження БПЛА в оперативну діяльність сил цивільного захисту. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: Зб. наук. праць Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Львів: ЛДУ БЖД, 2022. С. 103–105.
5. Качур Т.В., Дівізінюк М.М., Азаренко О.В. Прогнозування надзвичайних ситуацій, які викликані пожежами, в радіоактивно-забруднених лісових масивах України з використанням розвідувальних безпілотних літальних апаратів: монографія. Харків: НУЦЗУ, 2020. 96 с.
6. Dollar, P., Robaud V., Cottrell, G. [et al.]. (2005). Behavior recognition via sparse spatio-temporal features. 14 International Conference on Computer Communications and Networks, IEEE Computer Society. Washington, DC, USA. 65–72.
7. Mendonca, D. (2006). Designing Gaming Simulations for the Assessment of Group Decision Support Systems in Emergency Response. Safety Science. 120–126.

## УНОРМУВАННЯ (СТАНДАРТИЗАЦІЯ) ОЦІНЮВАННЯ СПРОМОЖНОСТЕЙ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*Коробкін В.Ф., к.т.н., доцент,  
Слюсар А.А.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Визначення єдиної термінології, понять та визначень щодо спроможностей у сфері цивільного захисту (далі – ЦЗ), дослідження властивостей і вимог до спроможностей, їх систематизація за функціональним призначенням та наукове обґрунтування основних базових компонентів та функціональних груп спроможностей сфери ЦЗ – це обсяг завдань, що виконані, є першим етапом дослідження спроможностей у сфері ЦЗ та потребують застосування в практичній діяльності. Другим етапом унормування спроможностей ЦЗ є визначення порядку оцінювання спроможностей у сфері ЦЗ (далі – ОСЦЗ) та практичне застосування певних правил, процедур, та методів в діяльності підрозділів та формувань ЦЗ.

Враховуючи досвід МО України [1] та НАТО [2], а також на підставі [3] з метою унормування процесу ОСЦЗ потребують визначення завдання ОСЦЗ, види та етапи ОСЦЗ (основні заходи), порядок виконання етапів проведення ОСЦЗ, учасники цього процесу (вимоги до керівника та членів робочої підгрупи), порядок звіту за результатами проведення ОСЦЗ та шляхи реалізації результатів. Виходячи з Стратегії національної безпеки України, а також [1, 2, 3] та враховуючи завдання огляду ЦЗ сформуємо завдання ОСЦЗ: а) оцінка здатності спроможностей органів ЄДСЦЗ щодо виконання завдань за призначенням на основі оцінки їх базових компонентів та імовірними сценаріями виникнення і розвитку кризових ситуацій на довгострокову перспективу; б) визначення переліку необхідних спроможностей організаційних структур ЄДСЦЗ, які відповідатимуть потребам сил безпеки з урахуванням ресурсних можливостей держави; в) визначення переліку надлишкових спроможностей організаційних структур ЄДСЦЗ; г) планування необхідних спроможностей організаційних структур ЄДСЦЗ; д) формування потреби в ресурсному забезпеченні на розвиток спроможностей організаційних структур ЄДСЦЗ; е) оцінка стану реалізації цілей і завдань діючих програм і планів, спрямованих на досягнення необхідних спроможностей організаційних структур ЄДСЦЗ. ж) підготовка об'єктивної інформації щодо рівня набутих спроможностей організаційними структурами ЄДСЦЗ для ефективного планування їх застосування.

Важливим є визначення основних базових компонентів спроможностей, що підлягають оцінюванню, тому що вони характеризують здатність об'єкта оцінювання виконувати призначені завдання. На підставі аналізу [1, 2, 3] вважаємо, що слід віднести до основних базових компонентів спроможностей, що підлягають оцінюванню, такі поняття як інфраструктура, нормативна база з питань ЦЗ, організаційна структура та готовність, персонал, підготованість, ресурсна забезпеченість, сумісність, якість керування та освіта.

ОСЦЗ доцільно поділити на наступні види: а) ОСЦЗ для виявлення проблем з вимогами до спроможностей і вироблення рішень з їх усунення (нівелювання); б) ОСЦЗ, що ґрунтується на усвідомленні майбутніх потреб; в) ОСЦЗ в інтересах майбутніх дій з реагування на масштабні НС; г) ОСЦЗ для перевірки поточних і перспективних планів застосування сил, існуючих чи перспективних зразків техніки та оснащення, матеріально-технічного, медичного забезпечення, тощо; д) ОСЦЗ для поглибленого

вивчення окремої спроможності, групи спроможностей чи функціональної групи спроможностей тощо.

Критерієм для вибору певного виду ОСЦЗ є наявність конкретної проблеми з набуття необхідних спроможностей ЦЗ, яка потребує розв'язання. Об'єктом ОСЦЗ є організаційна структура ЦЗ (або інший носій спроможностей), що оцінюється. Суб'єктом ОСЦЗ є робоча підгрупа (далі – РПГ), яка утворюється для проведення оцінювання. Керівник і члени РПГ беруть участь у підготовці документів і виконанні заходів ОСЦЗ.

Проведення ОСЦЗ здійснюється РПГ в ході виконання етапів огляду ЦЗ, які поділяються на: а) організаційно-підготовчий; б) основний (виконавчий); в) заключний (підсумковий). Враховуючи конкретний (визначений) вид ОСЦЗ, кожен з етапів має передбачати чітко визначені процедури і заходи, які є обов'язковими до виконання під час проведення оцінювання.

ОСЦЗ об'єкта оцінювання передбачає проведення таких основних заходів: а) оцінювання безпеки середовища; б) визначення та оцінювання наявних спроможностей об'єкта оцінювання; в) визначення потреби у ресурсах для утримання наявних та нарощування необхідних спроможностей об'єктом оцінювання; г) розроблення пропозицій щодо удосконалення існуючої структури об'єкта оцінювання та його складових або формування нової структури (до аварійно-рятувального формування включно).

За результатами проведення ОСЦЗ готується звіт та одночасно розробляються рекомендації щодо нарощування спроможностей, заходи усунення виявлених проблем і недоліків, а також шляхи реалізації результатів ОСЦЗ.

Такі основні положення щодо унормування процесу ОСЦЗ та процедур його проведення повинні стати основою для розробки стандарту стосовно ОСЦЗ, визначення вимог та порядку його проведення. У змісті стандарту неможливо врахувати всі процедурні аспекти ОСЦЗ об'єкта оцінювання, тому важливою складовою подальших розробок повинно бути підготовка методичних рекомендацій з ОСЦЗ, які будуть охоплювати весь спектр (перелік) методик оцінювання спроможностей окремих підрозділів ЦЗ, а також розробка стандарту з методології ОСЦЗ об'єкту оцінювання, що містить сукупність прийомів дослідження, моделі, алгоритми оцінювання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендації з оборонного планування на основі спроможностей в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України. МО України. Київ, 2017. URL: [https://www.mil.gov.ua/content/other/Recommendationson\\_CBP\\_120617.pdf](https://www.mil.gov.ua/content/other/Recommendationson_CBP_120617.pdf) (дата звернення: 29.01.2024).

2. Співробітництво у сфері планування на випадок надзвичайних ситуацій цивільного характеру. Місія України при НАТО: вебсайт URL: <https://nato.mfa.gov.ua/ukrayina-ta-nato/spivrobotnictvo-u-sferi-planuvannya-na-vipadok-nadzvichajnih-situacij-civilnogo-harakteru> (дата звернення: 29.01.2024).

3. Про затвердження Порядку проведення огляду громадської безпеки та цивільного захисту Міністерством внутрішніх справ : постанова Кабінету Міністрів України від 22 травня 2019 р. № 507. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/507-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення: 29.01.2024).



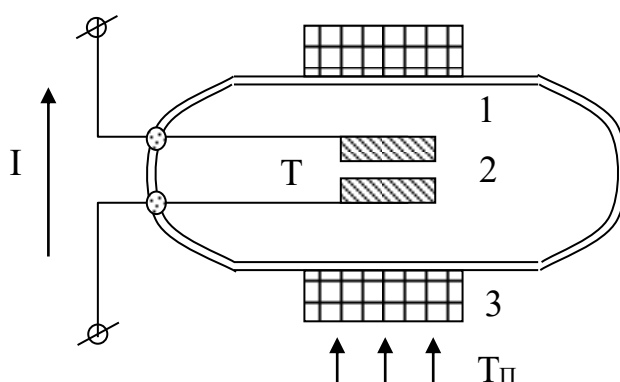
## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНОКОНТАКТНОГО ТЕПЛООВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З СУПЕРПАРАМАГНІТНИМИ ЧАСТКАМИ ПРИ СЛАБКОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

*Кривошеєва К.А.,*

*Дурєєв В.О., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

В переважній кількості теплових максимальних сповіщувачів пожежних (СП), що застосовуються в Україні, у якості чутливого елемента (ЧЕ) застосовується магнітноконтактний геркон (СПТМ-62, СПТМ-70). Прийmemo наступну розрахункову схему для такого СП, рис. 1.



**Рис. 1. Розрахункова схема магнітноконтактного чутливого елемента:  
1 – геркон; 2 – контакти; 3 – кільцевий постійний магніт.**

В якості контактів ЧЕ виступають провідники, магнітні властивості яких залежать від їх температури. Ураховуючи велику кількість видів матеріалів контактів, їх технічні характеристики можуть значною мірою відрізнятися, в залежності від їх структури і складу.

Залежність намагніченості ЧЕ від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток, при слабкому магнітному полі:

$$M_{\text{сл}} = \frac{nm^2H}{3k_B T}; \quad (1)$$

де  $M_{\text{сл}}$ ,  $M_{\text{сильн}}$  – намагніченість ЧУ з матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток при слабкому та сильному магнітних полях при поточній температурі, А/м;  $n$  – кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту;  $m$  – магнітний момент, Ам<sup>2</sup>;  $H$  – зовнішнє магнітне поле, А/м;  $k_B$  – постійна Больцмана, Дж/К;  $T$  – поточна температура, К.

Для переходу до лінійної форми (1), дорівняємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{сл}}}{dT} = \frac{k_{\text{сл}}}{T^2}; \quad k_{\text{сл}} = -\frac{nm^2H}{3k_B}; \quad (2)$$

Тепло, що передане та поглинене магнітноконтактним герконом:

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{d\tau} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\Pi}, \quad (3)$$

де  $m$  – маса контактів, кг;  $C$  – теплоємність матеріалу контактів, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\tau$  – час, сек;  $T$  – температура контактів, К;  $F$  – площа поверхні контактів, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $T_{\Pi}$  – температура навколишнього повітря, К.

Для отримання математичних та розрахункових залежностей параметрів роботи магнітноконтактного сповіщувача з ЧЕ з суперпарамагнітних часток при слабкому магнітному полі, підставимо рівняння залежності намагніченості (2) в формулу балансу тепла (3), отримаємо:

$$C \cdot m \cdot \frac{T^2}{k_{\text{СЛ}}} \cdot \frac{d}{d\tau} \Delta M_{\text{СЛ}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{T^2}{k_{\text{СЛ}}} \cdot \Delta M_{\text{СЛ}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_{\Pi}; \quad (4)$$

Після лінеаризації (4) отримаємо:

$$T_{\text{СЛ}} \frac{\dot{m}_{\text{СЛ}}}{m_{\text{СЛ}}} + \overline{m}_{\text{СЛ}} = K_{\text{СЛ}} \overline{t_{\Pi}}; \quad (6)$$

$$T_{\text{СЛ}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\text{СЛ}} = \frac{k_{\text{СЛ}}}{T^2} \cdot \frac{T_{\Pi 0}}{M_{\text{СЛ} 0}}, \quad (7)$$

де  $M_{\text{ОДН} 0}$  – намагніченість однодоменого феромагнітного матеріалу ЧУ у вихідній точці, А/м;  $T_{\Pi 0}$  – температура повітря у вихідній точці, К;  $T_{\text{ОДН}}$  – інерційність, с;  $K_{\text{ОДН}}$  – коефіцієнт посилення;  $\overline{m}_{\text{СЛ}}$ ,  $\overline{t_{\Pi}}$  – відносні змінні.

**Висновки.** Отримана математична модель магнітноконтактного сповіщувача для контактів з суперпарамагнітних часток в умовах слабкого зовнішнього магнітного поля.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Tsepelev, V., Starodubtsev, Y., Zelenin, V., Belozarov, V., Konashkov, V. (2015). Temperature affecting the magnetic properties of the Co79-xFe3Cr3Si15Bx amorphous alloy. *Journal of Alloys and Compounds*. 643. 280–282. Doi: 10.1016/j.jallcom.2014.12.236
2. Jackiewicz, D., Szewczyk, R., Salach, J. (2013). Modelling the magnetic characteristics and temperature influence on constructional steels. *Solid State Phenomena*. 199. 466–471. Doi: 10.4028/www.scientific.net/ssp.199.466
3. Lu, H., Zhu, Y., Hui, J.G. (2007). Measurement and modeling of thermal effects on magnetic hysteresis of soft ferrites. *IEEE Transactions on Magnetics*. 43 (11). 3953–3960. Doi: 10.1109/tmag.2007.904942
4. Kachniarz, M., Salach, J., Szewczyk, R., Bieńkowski, A., Korobiichuk, I. (2015). Investigation of temperature effect on magnetic characteristics of manganese-zinc ferrites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6/5 (78). 17–21. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.55410>

**ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ***Михайлов М.Д.<sup>1</sup>,**Тригуб В.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**Ключка Ю.П.<sup>2</sup>, д.т.н., с.н.с.**<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області**<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

Хімічна промисловість – одна з провідних галузей економіки, яка визначає темпи та напрямки науково-технічного розвитку. До початку повномасштабного вторгнення в Україні функціонувало понад 2000 підприємств та організацій хімічної промисловості. Забезпечення пожежної безпеки є однією з найважливіших функцій держави, яка здійснюється системою забезпечення пожежної безпеки, що поєднує різні структури для виконання певних функцій. Пожежі на об'єктах хімічної промисловості характеризуються високим ступенем небезпеки, яка викликана тяжкими наслідками соціального, екологічного та економічного характеру. У багатьох випадках аварійний витік і вибухове згоряння вибухонебезпечних речовин в атмосфері є основними причинами руйнувань, збитків та наступних крупних пожеж. Хімічні речовини, які обертаються на об'єкті або синтезуються в ході неконтрольованих хімічних реакцій, здатні при аварії утворити токсичні хмари, які розповсюджуються на великих територіях.

Аналіз пожеж на об'єктах хімічної промисловості [1] показав, що основними причинами виникнення та розвитку пожеж є: порушення влаштування та експлуатації теплогенеруючих агрегатів та установок; незадовільний стан технічних пристроїв, будівель та споруд; а також недосконалість технологій або конструктивні недоліки.

Проблема прийняття управлінських рішень на підприємствах хімічної промисловості полягає у необхідності прийняти рішення у найкоротші терміни, за умов існування великого обсягу інформації. Прийняття рішень відбувається в обстановці, яка змінюється, при змінному рівні пожежного ризику в умовах невизначеності та високої динаміки. Інформаційною технологією, яка знижує навантаження особи, яка приймає рішення, є система підтримки прийняття рішень. Проблема прийняття рішень полягає у відсутності можливості прийняти рішення в стислий термін і без відповідної інформаційно-аналітичної підтримки.

Системний підхід до вирішення даної проблеми включає аналіз всіх аспектів поставленої задачі, моделювання повного технологічного циклу обробки інформації, починаючи від введення та отримання інформації до прийняття рішення.

Для створення системи управління пожежною безпекою на підприємствах хімічної промисловості недостатньо створення моделі, яка описує процеси окремо, необхідне використання методів і алгоритмів підтримки прийняття управлінських рішень на основі багатоагентних технологій. Багатоагентні системи можуть бути використані для вирішення таких проблем, які складно або неможливо вирішити за допомогою одного агента або монолітної системи.

Застосування різних інформаційних систем, які спрямовані на підтримку прийняття управлінських рішень в галузі пожежної безпеки необхідно при створенні багатоагентних систем. До таких систем належать: геоінформаційні системи (ГІС), системи розрахунку пожежних ризиків, системи підтримки прийняття управлінських рішень.

ГІС – це програмно-апаратний комплекс, який вирішує сукупність задач зі

зберігання, відображення, оновлення та аналізу інформації щодо об'єкту та території.

Для безперервного збору, обробки та аналізу інформації в режимі реального часу необхідне використання ГІС. Завдяки ГІС інформація про пожежу у найкоротші терміни передається на пункт обробки інформації та далі до оперативних підрозділів ДСНС України. Тобто ГІС дозволяють суттєво знизити час реагування пожежно-рятувальних підрозділів на пожежу.

При вирішенні задач оперативного управління пожежно-рятувальними підрозділами потрібно залучення різнопланової інформації, а також координатної прив'язки до місцевості. Така інформація повинна надаватися у зрозумілій для аналізу формі та забезпечувати прийняття оптимальних управлінських рішень.

ГІС забезпечує можливість прогнозування та моделювання розвитку надзвичайної ситуації з прив'язкою на місцевості, аналіз наслідків та шляхів запобігання надзвичайній ситуації. ГІС дають можливість працювати з великою кількістю інформації, що дозволяє оцінити можливий ступінь впливу вже існуючого або об'єкта, який проєктується, на навколишнє середовище.

Одна з найбільш застосованих у світі ГІС – MapInfo Professional, яка розроблена фірмою MapInfo Corporation (США). MapInfo Professional – це ГІС, що дозволяє створювати та аналізувати карти територій, країн, міст, районів та всього, що може розглядатися як карта чи план. MapInfo дозволяє вирішувати завдання географічного аналізу на основі реалізації запитів та створення різних тематичних карт, здійснювати зв'язок з віддаленими базами даних, експортувати географічні об'єкти та інші програмні продукти [2, 3].

Також поширеною ГІС є ArcGIS – сімейство геоінформаційних програмних продуктів компанії ESRI (США). ArcGIS дозволяє працювати з різнорідними даними та базами геоданих великого об'єму. Широкий функціонал можливостей даного програмного забезпечення дозволяє самостійно вирішувати безліч задач [4, 5].

Таким чином, багатоагентні технології найбільш поширені стосовно вирішення задач автоматизації управління складними системами, для збору та обробки інформації тощо. Багатоагентні технології застосовуються в управлінні мобільними ресурсами, а також у таких сферах, як проєктування об'єктів, безпека життєдіяльності, промислове виробництво, фінансове планування, а також аналіз ризиків, розпізнавання образів, розуміння тексту та вирішення інших складних проблем.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 2023 рік. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/9/6/4/5/6/2/analytychna-dovidka-pro-pojeji-102023.pdf>
2. Каталог програмного забезпечення MapInfo Professional. URL: <http://www.geoguide.com.ua/software/software.php?part=pitney&art=mapinfo>
3. Сайт Pitney Bowes Software Inc. – власника MapInfo Professional. URL: <http://mapinfomarketplace.precisely.com>
4. ArcGIS Online. URL: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/overview>
5. The ArcGIS Platform. URL: <https://esri.ua/sarticle.php?id=1>

## УЗАГАЛЬНЕНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*Михайловська Ю.В., PhD*

*Національний університет цивільного захисту України*

Етапи стратегічного планування оптимального розподілу ресурсів щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (НС) включає такі взаємопов'язані задачі, як визначення транспортних маршрутів доставки вантажів у зону ураження, так і розміщення мобільних центрів допомоги (МЦД), максимально наближених до зони НС. Перш за все, як зазначається в [1], необхідною операцією є визначення потреби у ресурсах щодо ліквідації наслідків НС у зоні ураження [2].

Зовнішнє середовище НС внаслідок вибухів на складах боєприпасів, що швидко змінюється, значна номенклатура товарів першої необхідності, ліків, медичного обладнання, жорсткі часові та інші обмеження, визначені в роботі [3], виводять задачу доставки вантажів щодо ліквідації НС, що включає визначення типів транспортних засобів і відповідних транспортних маршрутів, за рамки класичної транспортної задачі. Ця задача є NP-важкою, багатовимірною, у загальному випадку багатокритеріальною, і для її розв'язання авторами пропонується низка евристичних методів, що ґрунтуються на комбінованій схемі, яка містить засоби імітаційного моделювання та еволюційні алгоритми [4, 5].

Позначимо через  $\bar{R} = (\bar{R}_1, \bar{R}_2, \dots, \bar{R}_{N_R})$  верхню межу наявних ресурсів, що є у розпорядженні територіальної системи цивільного захисту на момент виникнення ТНС, де  $N_R$  – кількість всіляких ресурсів; при цьому можливо, деякі  $\bar{r}_n = 0$ ,  $n \in \{1, \dots, N_R\}$ . Відмітимо, що при розв'язанні задачі оптимізації вектор  $\bar{R} = (\bar{R}_1, \bar{R}_2, \dots, \bar{R}_{N_R})$  розгортається у матрицю  $\bar{R}M = (\bar{R}_{nk})_{N_R \times K_R}$ , де  $\bar{R}_n = \sum_{k \in K_R} \bar{R}_{nk}$ . При цьому необхідно зважати на такі характеристики НС техногенного характеру (ТНС):

$$\mathfrak{S} = \{t, \tau, \mathfrak{S}_1, \mathfrak{S}_2, \mathfrak{S}_3, \mathfrak{S}_4\}, \quad (1)$$

де  $t$  – час виникнення ТНС;

$\tau$  – час локалізації ТНС;

кортеж  $\mathfrak{S}_1$  | «Географічна локація: розподілена, зосереджена»;

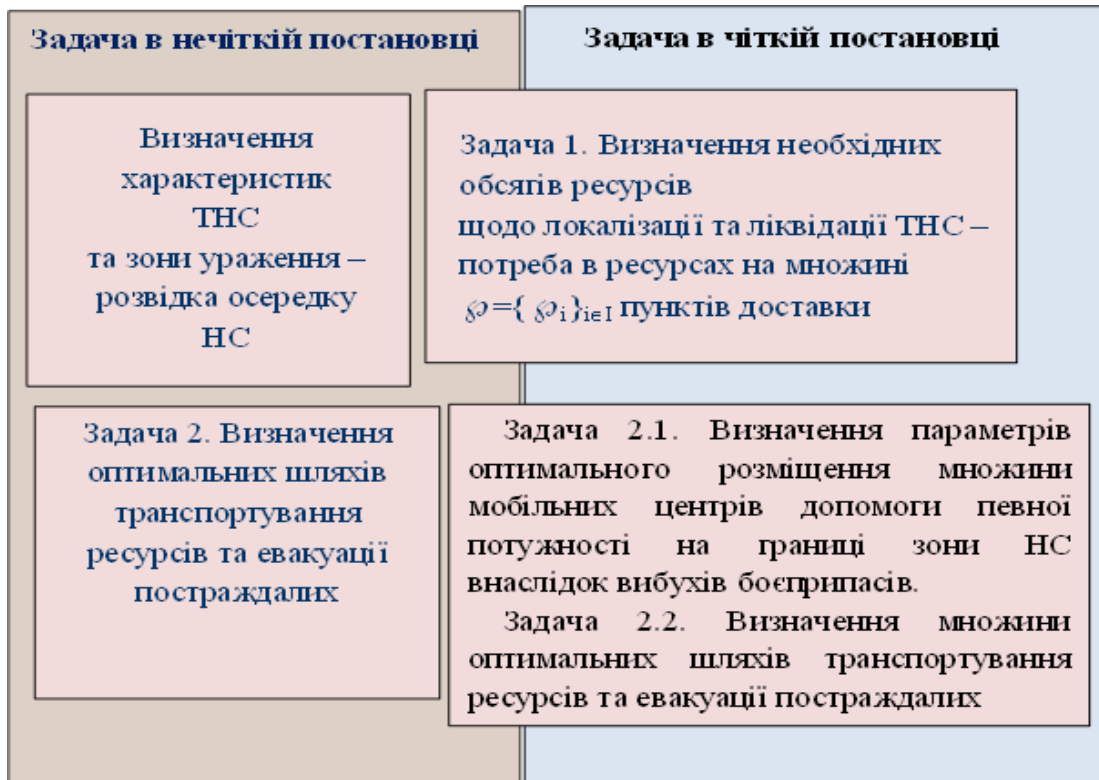
$\mathfrak{S}_2$  | «Характер рельєфу території: рівнина, гірська місцевість»;

$\mathfrak{S}_3$  | «Тип: хімічна, радіаційна, біологічна, змішана»;

$\mathfrak{S}_4$  | «Рівень ТНС за тяжкістю втрат: низький (об'єктовий), середній (регіональний), високий (державний)».

Основну увагу зосереджено на дослідженні НС, пов'язаних із вибухами на арсеналах, складах боєприпасів, тому характеристика  $\mathfrak{S}_3$  вважається заданою. Вищезазначені характеристики ТНС є екзогенними параметрами задачі оптимізації ресурсного забезпечення процесу її локалізації та ліквідації наслідків.

Таким чином, узагальнена математична модель оптимізації ресурсів територіальної системи цивільного захисту у режимі ТНС являє собою систему (декомпозицію) таких під задач, що представлені на рис. 1.



**Рис. 1. Декомпозиція задачі ресурсного забезпечення процесу ліквідації ТНС та мінімізації її наслідків.**

Задача 1. Визначення необхідних обсягів ресурсів щодо локалізації та ліквідації ТНС; іншими словами, визначення попиту на ресурси в загальному випадку скінченної множині  $\wp = \{ \wp_i \}_{i \in I}$  пунктів доставки.

До даного виду ресурсів можна віднести спецтехніку та засоби ліквідації ТНС визначеного типу. В рамках даної задачі, виходячи з параметрів НС, віддаленості джерел води та других умов, визначається загальна кількість та типи потрібної пожежно-рятувальної та допоміжної техніки.

Задача 2. Визначення оптимальних шляхів транспортування ресурсів та евакуації постраждалих.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Михайловська Ю. В., Рибка Є. О., Новожилова М. В. Апаратно-програмний комплекс формування ресурсного забезпечення реагування на надзвичайні ситуації внаслідок вибухів боєприпасів: монографія: Харків: НУЦЗУ, 2022. 104 с.
2. Sebatli, A., Kose-Kucuk, M., Cavdur, F. (2017). Determination of relief supplies demands and allocation of temporary disaster response facilities. *Transportation Research Procedia*. 22. 245–254.
3. Zheng, Y.J., Ling, H.F. (2013). Emergency transportation planning in disaster relief supply chain management: A cooperative fuzzy optimization approach. *Soft Comput.* 17. 1301–1314.
4. Zhang, M.-X., Zhang, B., Zheng, Yu.-J. (2014). Bio-Inspired Meta-Heuristics for Emergency Transportation Problems. *Algorithms*. 7. 15–31.
5. Berkoune, D., Renaud, J., Rekik, M. (2012). Transportation in disaster response operations. *Soc. Ecol. Plan. Sci.* 46. 23–32.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ ОБСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

*Рудаков С.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Ромін А.В.<sup>1</sup>, д.держ.упр., професор  
Антонюк В.І.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області*

В даний час безпілотні літальні апарати (БПЛА) використовуються для вирішення завдань в інтересах Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Міністерства оборони, комерційних структур, включаючи розвідувальні завдання, а також задачі пошуку, виявлення, ціленаведення та стеження. Цей перелік включає і завдання моніторингу надзвичайних ситуацій, пов'язаних з пожежами. Існуючий досвід показує, що використання БПЛА для вирішення завдань цивільного призначення, приводить до підвищення ефективності таких операцій за рахунок більшої площі обстежуваної місцевості, а також оперативності детектування відповідних об'єктів, оскільки сучасні БПЛА, оснащені системами технічного зору (СТЗ), дозволяють проводити обстеження районів і автоматично виявляти людей і інші об'єкти пошуку.

Ефективність моніторингу пожежної обстановки суттєво залежить від умов виконання операції: задимленості місцевості, турбулентності атмосфери, теплового впливу пожежі та висота спостереження. Складність завдання вибору висоти спостереження у тому, що зменшення висоти польоту тягне підвищення ризику втрати БПЛА через вплив небезпечних чинників пожежі (НЧП). У той же час, без зниження апарату над відповідним місцем пожежі об'єкти залишаються недоступними для виявлення та для розпізнавання. Таким чином, облік екстремальних умов функціонування БПЛА, а також аналіз умов спостереження місцевості, дають можливість обґрунтувати оптимальну, з погляду мінімізації ризику втрати апарату і максимізації ймовірності виявлення об'єктів інтересу (ОІ), висоту польоту. Однак, на даний момент залишається невирішеною задача вибору оптимальною з точки зору ефективності моніторингу висоти польоту БПЛА для обстеження місцевості в подібних умовах.

Термін «пожежна обстановка» визначає масштаб, а також щільність пожеж, які виникають та поширюються на об'єктах промислового призначення або в лісових масивах. Визначення наявності на об'єкті або в лісосмузі пожежної обстановки здійснюється за рахунок даних пожежної розвідки, і навіть методами прогнозування.

Під час проведення авіаційного моніторингу одним із ключових факторів, який впливає на якість виконання цільової операції, є роздільна спроможність камери БПЛА. Від розміру об'єкта та характеристик камери залежить обмеження висоти, на якій проводиться моніторинг. Авіаційний моніторинг пожежної обстановки характеризується наявністю високих температур атмосфери над досліджуваною місцевістю.

У справжнє час відомо безліч різних підходів до пошуку об'єктів при моніторингу місцевості [1]. Класичні методи обробки зображень, що забезпечують їх покращення і інформативність, дозволяють розпізнати об'єкт інтересу на достатньо великій відстані. До таких методів можливо віднести відновлення, вироблене шляхом фільтрації зображення в частотній області, а також після створення згорткових нейронних мереж і зростання обчислювальних потужностей. Нейромережевий підхід

став повсюдно застосовувати в широкому спектрі завдань обробки зображень. Одним з сучасних алгоритмів обробки зображення є генеративно-змагальні мережі (GAN). GAN може використовуватися для покращення якості нечітких фотографій.

В методі фільтрації, частотна область цифрового зображення являє собою простір, в якому набувають значення змінні  $(u, v)$  Фур'є-перетворення. Частота сигналу прямо пов'язана зі швидкістю зміни сигналу, тому можливо сказати, що частоти в Фур'є-перетворенні пов'язані з варіацією яскравості на зображення. Однак, в даному випадку зміни викликані наявністю диму та туману, мають ще меншу частоту зміни і значення частоти необхідно виставляти не більше 1 %.

Крім аналітичних підходів до покращення одержуваних зображень спостерігається сцени можна використовувати нейромеревий підхід.

Велике кількість завдань в області комп'ютерного зору ефективно вирішуються за допомогою згорткових нейронних мереж (СНР або CNN). Найбільш поширеними архітектурами CNN для розпізнавання об'єктів є:

R-CNN. Працює як звичайний класифікатор зображень. Дуже повільна, оскільки проганяє одне зображення. кілька тисяч разів.

Fast R-CNN. Покращена та швидша версія R-CNN, працює по схожому принципу, але як і раніше досить повільна для завдань реального часу.

Faster R-CNN. Головне відмінність від попередніх в тому, що замість алгоритму звичайного класифікатора для вибору регіонів використовує нейронну мережа для їх «заучування».

YOLO. Зовсім інший принцип роботи по порівнянні з попередніми, не використовує регіони загалом. Найбільш швидка та широко використовувана в справжній час, доступна СР.

Single Shot Detector (SSD). за принципом схожа на YOLO, але в якості мережі для вилучення ознак використовує VGG16. Теж задоволена швидка і придатна для роботи в реальному часу.

Кожна з описаних нейромерев показує гідний результат для рішення того або іншого роду завдань, маючи при цьому свої недоліки. Пропонується обрати нейромереву YOLO або You Only Look Once. Це найбільш універсальна, застосовувана на поточний момент для рішення широкого спектру завдань архітектура CNN, яка використовується для розпізнавання множинних об'єктів на зображенні. Мережа аналізує всі зображення відразу і враховує контекст - оточення об'єкта (інші розпізнані об'єкти на цьому зображенні) при детектуванні та розпізнавання об'єкта. Крім того, YOLO-v3 рекомендується вибирати для аналізу відеопотоку у реальному часі. Мережа YOLO демонструє найкращу загальну продуктивність, що є одним з ключових переваг при обліку умов роботи мережі в операції моніторингу місцевості в реальний час.

У кінцевому рахунку, порівняльний аналіз ефективності і працездатності всіх перерахованих вище походів і методів обробки зображень з метою виявлення і розпізнавання об'єктів наводить до висновку про необхідності використовувати в даному конкретному випадку фільтрації на основі перетворень Фур'є і GAN для попередньої обробки зображень. Для проведення розпізнавання об'єктів та визначення ефективності запропонованого підходу обрано НС YOLO-v3.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Khan, A., Gupta, S., Gupta, S.K. (2020). Multi-hazard disaster studies: Monitoring, detection, recovery, and management, based on emerging technologies and optimal techniques. International Journal of Disaster Risk Reduction. 47. art. no. 101642.



## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНОКОНТАКТНОГО ТЕПЛООВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З СУПЕРПАРАМАГНІТНИМИ ЧАСТКАМИ ПРИ СИЛЬНОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

*Славгородська О.С.,*

*Дурєєв В.О., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Технічна документація теплових максимальних сповіщувачів пожежних (СП), як правило не містить повний перелік динамічних параметрів, потрібних для проведення дослідження їх спрацювання. Тим більше, в документації СП не вказується тип та склад матеріалів контактної групи чутливого елементу (ЧЕ), необхідних для визначення ефективності спрацювання СП та системи пожежної сигналізації в цілому. Для дослідження ефективності роботи пожежної сигналізації, потрібна інформація про технічні данні її складових, зокрема знання динамічних параметрів магнітоконтактних СП та їх чутливих елементів. Динамічні параметри СП можна визначити використовуючи математичну модель, яка враховує діапазон робочих температур, тип та структуру матеріалу контактів ЧЕ.

Залежність намагніченості ЧЕ від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток, при сильному магнітному полі:

$$M_{\text{СИЛЬН}} = nm \left( 1 - \frac{k_B T}{mH} \right), \quad (1)$$

де  $M_{\text{СЛ}}$ ,  $M_{\text{СИЛЬН}}$  – намагніченість ЧУ з матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток при слабкому та сильному магнітних полях при поточній температурі, А/м;  $n$  – кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту;  $m$  – магнітний момент, Ам<sup>2</sup>;  $H$  – зовнішнє магнітне поле, А/м;  $k_B$  – постійна Больцмана, Дж/К;  $T$  – поточна температура, К.

Для переходу до лінійної форми (1), дорівнюємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{СИЛЬН}}}{dT} = k_{\text{СИЛЬН}}; \quad k_{\text{СИЛЬН}} = -\frac{nk_B}{H}; \quad (2)$$

Тепло, що передане та поглинене магнітоконтактним герконом

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{dt} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\text{П}}, \quad (3)$$

де  $m$  – маса контактів, кг;  $C$  – теплоємність матеріалу контактів, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\tau$  – час, сек;  $T$  – температура контактів, К;  $F$  – площа поверхні контактів, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $T_{\text{П}}$  – температура навколишнього повітря, К.

Для отримання математичних та розрахункових залежностей параметрів роботи магнітоконтактного сповіщувача з ЧЕ з суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі, підставимо рівняння залежності намагніченості (2) в формулу балансу тепла (3), отримаємо:

$$C \cdot m \cdot \frac{1}{k_{\text{СИЛЬН}}} \cdot \frac{d}{dt} \Delta M_{\text{СИЛЬН}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{1}{k_{\text{СИЛЬН}}} \cdot \Delta M_{\text{СИЛЬН}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_{\text{П}}; \quad (4)$$

Після лінеаризації (4) отримаємо:

$$T_{\text{СИЛЬН}} \dot{m}_{\text{СИЛЬН}} + \overline{m}_{\text{СИЛЬН}} = K_{\text{СИЛЬН}} \overline{t_{\text{П}}}; \quad (5)$$

$$T_{\text{СИЛЬН}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\text{СИЛЬН}} = k_{\text{СИЛЬН}} \cdot \frac{T_{\text{ПО}}}{M_{\text{СИЛЬН0}}}, \quad (6)$$

де  $M_{\text{СИЛЬН0}}$  – намагніченість суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі у вихідній точці, А/м;  $T_{\text{СИЛЬН}}$  – інерційність, с;  $K_{\text{СИЛЬН}}$  – коефіцієнт посилення;  $\overline{m}_{\text{СИЛЬН}}$ ,  $\overline{t_{\text{П}}}$  – відносні змінні.

Таким чином, для контактів з суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі урахуюються: кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту  $n$ , магнітний момент матеріалу контакту  $m$ , зовнішнє магнітне поле, що створюється постійним магнітом  $H$ , постійна Больцмана  $k_B$ , поточна температура  $T$ .

Відмітимо, що розроблена математична модель магнітноконтактного сповіщувача застосовується при наявності даних про початкову намагніченість, величину зовнішнього магнітного поля та характеристик матеріалу контактів. В моделі не урахується гармонійна зміна зовнішнього магнітного поля і магнітного моменту при зміні температури. Отже, застосування в подальшому наведеного в роботі способу розробки математичної моделі магнітноконтактного сповіщувача пов'язано з визначенням намагніченості, зовнішнього магнітного поля, гармонійної зміни зовнішнього магнітного поля з магнітним моментом в діапазоні робочих температур та даних про матеріал контактів геркону. Проте, отримані з такої моделі залежності параметрів роботи сповіщувача будуть мати складніший вигляд, та ускладнять визначення їх технічних характеристик.

**Висновки.** Отримана математична модель магнітноконтактного сповіщувача для контактів з суперпарамагнітних часток в умовах сильного зовнішнього магнітного поля.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бушкова В.С. Низкотемпературные магнитные свойства ферритов. Low Temperature Physics. 2017. Vol. 43 (12) P. 1724–1732. URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/176281/04-Bushkova.pdf?sequence=1>
2. Дурєєв В.О. Визначення динамічних параметрів сповіщувачів за даними експерименту. Проблеми пожежної безпеки. 2019. 46. С. 54–56. URL: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/zbirky-naukovykh-prats-ppb/ppb46/Dureev.pdf>

УДК 351.861

## ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Тютюник В.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Захарченко Ю.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

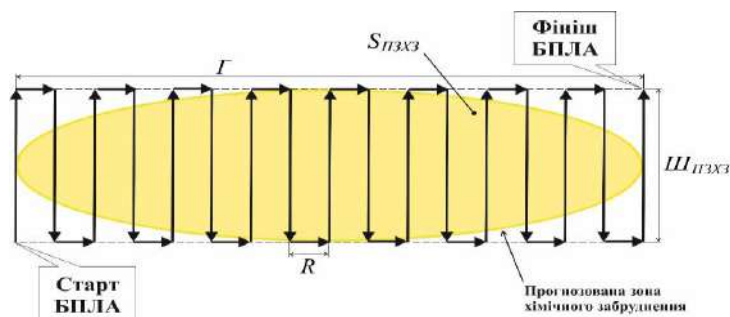
<sup>2</sup>Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Аналізуючи стійкість природної системи, необхідно враховувати наявність зовнішніх збурюючих впливів у вигляді надзвичайних ситуацій різного походження – обстановки на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка спричинена небезпечною подією та характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення [1, 2]. Графічно це представлено на рис. 1.



Рис. 1. Модельне подання процесів виникнення надзвичайних екологічних ситуацій в умовах впливу небезпечних чинників надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціального та воєнного характеру.

Ефективність проведення заходів щодо ліквідації наслідків надзвичайних екологічних ситуацій залежить від своєчасного прогнозування, розвідки та уточнення зон місцевості, де сталися негативні зміни в навколишньому природному середовищі. Одним із перспективних напрямків розв'язання цієї проблеми є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для доставки автоматизованих пристроїв контролю в зону місцевості, де сталося надзвичайна екологічна ситуація. Для проведення моніторингу цієї зони можуть використовуватися один або декілька БПЛА.



**Рис. 2. Варіант формуванні траси польоту БПЛА при розвідці зони забруднення місцевості НХР.**

В роботі [3] запропонована методика формування траси польоту при проведенні розвідки та уточнення параметрів зони зараження місцевості небезпечними хімічними речовинами одним БПЛА та при використанні групового польоту БПЛА. При цьому, оцінка хімічної обстановки при аваріях на ХНО здійснюється у відповідності з "Методикою прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті", де прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) зображується приблизно у вигляді еліпса. Основний недолік при використанні даної методики полягає в неточності визначення параметрів зони зараження та неврахування швидкоплинності змін метеорологічних умов.

Перспективним напрямком подолання цих недоліків є використання БПЛА для проведення розвідки та уточнення параметрів зон зараження місцевості НХР. Очевидно, що головним критерієм ефективності використання БПЛА є час проведення розвідки. Час проведення розвідки визначається як характеристиками БПЛА, так і формуванням траси польоту БПЛА. При формуванні траси польоту БПЛА щодо розвідки зон забруднення місцевості необхідно дотримуватися наступних вимог: оператор БПЛА повинен повністю виконати польотне завдання щодо розвідки зон забруднення місцевості; БПЛА повинен знаходитися на дальності радіозв'язку із системою його керування та передачі інформації з борту літального апарату; при виконанні польоту на над малих висотах необхідно враховувати природний рельєф місцевості, висоти будівель, наявність ліній електропередач. Можливий вигляд траси обльоту забрудненої території одним БПЛА показано на рис. 2, де  $R$  – радіус розвороту БПЛА.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» від 13 липня 2000 року № 1908-III.
2. Тютюник В.В., Соболев О.М., Калугін В.Д., Захарченко Ю.В. Формування динамічної моделі оперативного моніторингу рівня забруднення екосистеми внаслідок аварій на об'єктах ядерної енергетики. Екологічна безпека та природокористування. 2020. № 1(33). С. 95–114.
3. Захарченко Ю.В., Іванець Г.В., Іванець М.Г., Калугін В.Д., Тютюник В.В. Формування трас польоту безпілотних літальних апаратів під час оперативного моніторингу окремої місцевості, де сталася надзвичайна екологічна ситуація. Техногенно-екологічна безпека. 2022. № 1(11). С. 23–33.

УДК 351.861

## ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ SMART CITY ПІДСИСТЕМИ КОНТРОЛЮ АКУСТИЧНОГО ПРОСТОРУ ТА ЛОКАЦІЇ ДЖЕРЕЛ НЕБЕЗПЕК НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА

*Тютюник В.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Тютюник О.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

*Усачов Д.В.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

*<sup>2</sup>Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця*

В роботах [1, 2] викладені основні принципи створення в моделі Safe City системи Smart City підсистеми наземних автоматизованих пристроїв контролю акустичного простору та пасивної локації джерел небезпек, з подальшим отриманням й обробкою інформації, а також прогнозування виникнення на території міста НС різного характеру та розробкою ефективних управлінських антикризових рішень.

Для цього, за стандартом IDEF0 розроблено структурно-функціональну модель стратегічного розвитку в загальній системі Smart City підсистеми Safe City, з урахуванням керуючих потоків нормативно-правової бази України та наявності в державі відповідних механізмів (ресурсів) – рис. 1. В процесі моделювання показано, що процес реєстрації загроз для життєдіяльності міста включає організацію фінансового аудиту, моніторингу соціального стану та довкілля, відеоспостереження, радіаційного, хімічного та біологічного моніторингу, а також спектрального аналізу випромінювань від джерел небезпек. При цьому, встановлено, що організація спектрального аналізу випромінювань від джерел небезпек включає комплексний аналіз характеристик випромінювань в різних частотних діапазонах (в акустичному, радіо, інфрачервоному, оптичному, ультрафіолетовому та рентгенівському діапазонах, а також аналіз гамма та космічних променів), де кожен з методів аналізу має свої як недоліки так і переваги. Автори у своїх дослідженнях зупинилися на спектральному аналізі акустичного простору, з метою виявлення та ідентифікації на території міста джерел НС природного, техногенного, соціального та воєнного характеру.

Методи пасивної акустичної локації джерел терористичних небезпек мають свої специфічні особливості, а саме: в умовах відсутності інформації про термін акустичного випромінювання дальність до джерела випромінювання не можливо визначити за даними прийому тільки одного наземного засобу автоматизовано контролю акустичного простору. У зв'язку з цим, для визначення координат джерела небезпеки необхідно застосовувати комплекс двох або декількох рознесених у просторі засобів автоматизовано контролю акустичного простору, які з'єднані каналами зв'язку та утворюють комп'ютерну мережу; прийом прямого, а не відбитого сигналу, полегшує виявлення і вимір координат джерела небезпеки, але незнання форми сигналу та наявність інших джерел акустичного випромінювання ускладнює процес оперативного моніторингу за зоною НС; відсутність передавальних пристроїв при пасивній локації спрощує апаратуру, а також підвищує її енергозбереження та скритність. Функціональну схему цієї системи наземних стаціонарних засобів автоматизованого контролю акустичного простору, ситуаційного центру, підсистеми зв'язку та передачі телеметричної інформації, а також підсистеми виконання антикризових рішень щодо запобігання, локалізації та ліквідації наслідків НС, представлено на рис. 2.

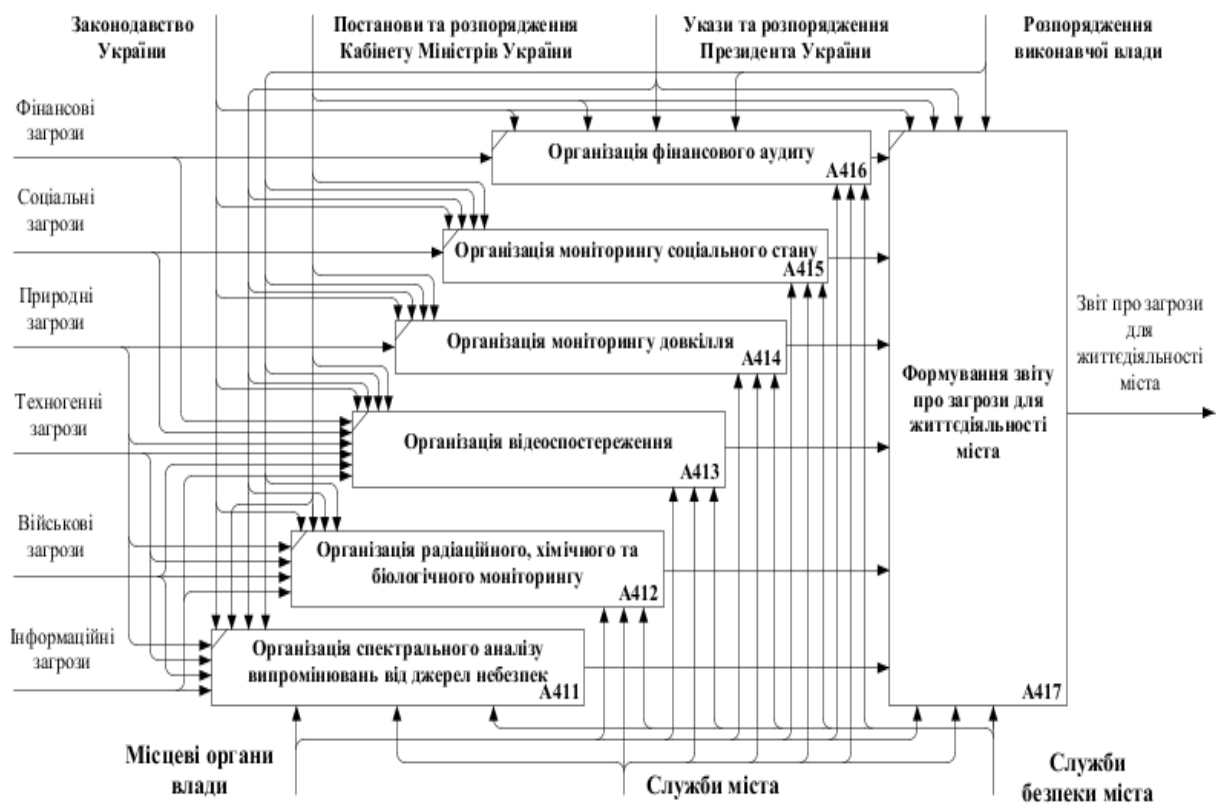


Рис. 1. Діаграма декомпозиції системи реєстрації загроз для життєдіяльності міста.

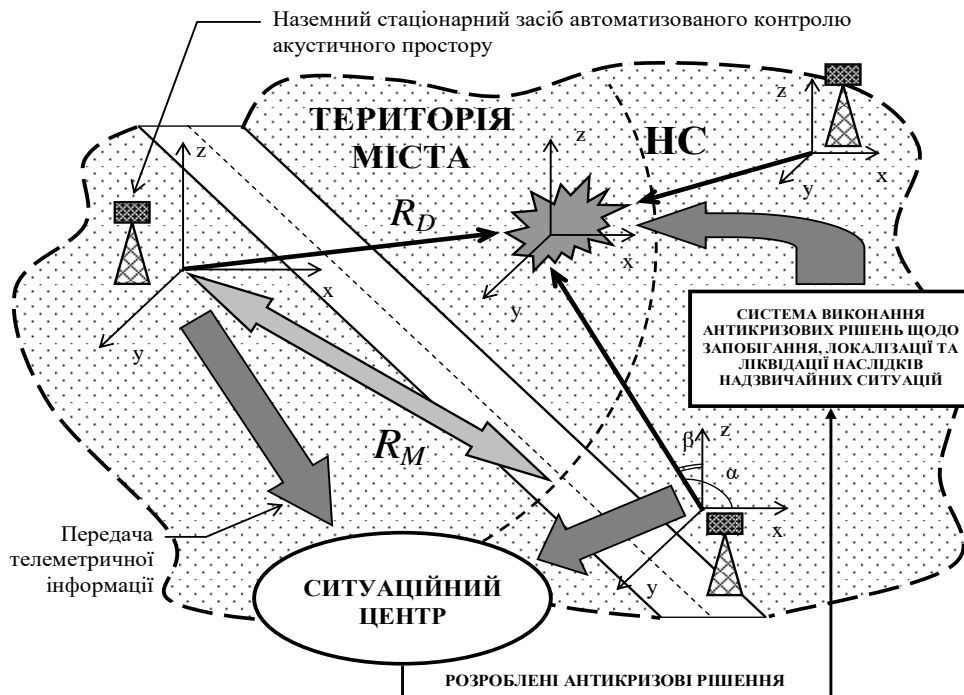


Рис. 2. Схема функціонування на території міста системи наземних стаціонарних засобів автоматизованого контролю акустичного простору, ситуаційного центру, підсистеми зв'язку та передачі телеметричної інформації, а також підсистеми виконання антикризових рішень щодо запобігання, локалізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій терористичного характеру.

Таким чином, авторами запропоновано системний підхід та принципи використання спектрального аналізу акустичного простору міста, для реалізації

безперервного та тривалого у реальному масштабі часу оперативного моніторингу за місцем виникнення та динамікою розвитку ідентифікованих джерел НС різного характеру. При цьому, встановлено, що основним показником ефективності функціонування підсистеми оперативного акустичного моніторингу зони НС на території міста є достовірність ідентифікації джерела небезпеки за видом та місцем виникнення, яка залежить від факторів, які характеризують безпосередньо динаміку зміни показників розвитку джерела небезпеки, від факторів, які характеризують тактико-технічні показники засобів контролю акустичного простору, а також від факторів, які характеризуються географічними та фізико-хімічними показниками місця виникнення джерела небезпеки та середовища розповсюдження інформаційного акустичного сигналу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тютюник В.В., Тютюник О.О., Усачов Д.В. Особливості створення системи акустичного моніторингу джерел надзвичайних ситуацій у контексті розвитку концепції «Smart city». Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2023. № 2(16). С. 58–76. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1926>
2. Tiutiunyk, V.V., Kalugin, V.D., Levterov, A.A., Sydorenko, O.V., Starodubtsev, S.A., Usachov, D.V. (2023). Establishing the nature of kinetic effects of the high-temperature oxidation (combustion) process of some liquid organic matters by acoustic radiation. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 6. 203–212. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19622>

**PROSPECTS OF USING BIG DATA IN ENVIRONMENTAL PROJECTS**

*Laptii P., postgraduate-student  
National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”*

**GIS Technology for Big Data**

Big data is divided into three levels: data products, processing processes, and cognitive processes. Data products are characterized by large volumes, diverse types, high access speed, and high value for applications. Processing processes include the collection, storage, associative analysis, and visualization of big data. Cognitive processes involve data processing to acquire new knowledge, changing the structure of human understanding. Through big data analysis, one can better understand the characteristics of objective events and find information useful for decision-making.

**Table 1. Collection sources and main contents of big data in ecological environment**

Category	Collection sources	Main contents
Ground monitoring data	On-line monitoring system of ecological environment	Meteorology, air quality, hydrology, water quality, noise, soil, plants, animals, microorganisms, etc
Satellite remote data	Remote sensing data, aviation remote sensing data, etc	Topographic index, vegetation index, bare soil index, humidity index, surface temperature, etc.
Geographic information data	Remote sensing acquisition, map digitization, site reconnaissance and photogrammetry, etc	Landform, land type, land cover, hydrologic soil, transportation, administrative boundary, social and economic data, etc
Social statistics data	Statistical departments	Population data, economic data, census data of pollution sources, detailed soil survey data, agricultural data, forestry data, industrial data, energy data, etc
Web crawlers	Internet, internet of things, etc	Website, BBS, apps, logistics platform, etc

**Big Data serves as the foundation for data processing and analysis.**

Big data in the field of ecology utilizes information systems as a foundation capable of establishing data transmission channels between different areas and systems, integrating dynamics data into history, and quickly extracting valuable information. This enhances the level of warning and forecasting significant risks to ecosystems and scientific decisions, making big data in the field of ecology an essential tool for advancing ecosystem protection. The Ukrainian program for applying big data in the field of ecology should create three platforms: cloud technologies for environmental protection, big data management, and their application in the ecology domain for big data analysis, providing informational and instrumental resources for the government, enterprises, research institutions, and other industry sectors. Cloud computing is an efficient technology and a trend in big data analysis, and cloud computing platforms such as MapReduce, Hadoop, become the foundation for big data analysis. By leveraging information technologies like the Internet of Things, cloud computing, and mobile internet, it is possible to create a platform for big 5 data in the field of ecology, allowing for the consolidation and standardization of ecosystem data in the country and the formation of a preliminary environmental structure project

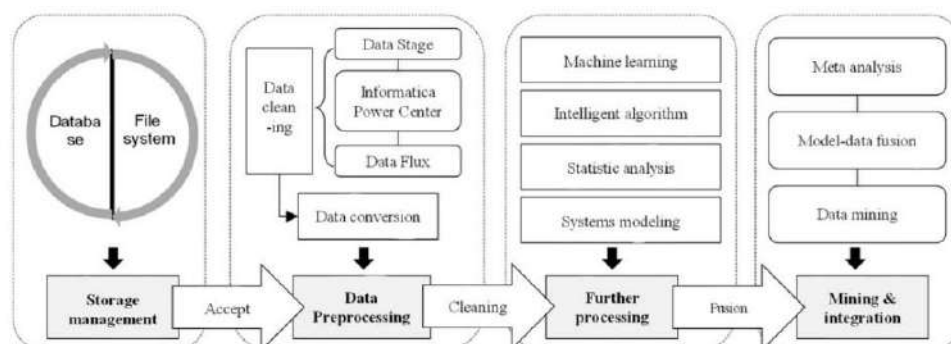
**Practical application:**

The application of big data environmental technology allows for the integration of diverse information about the environment with various types of data, overcoming the narrow focus of specific data and enabling comprehensive and in-depth analysis of the environmental conditions, leading to well-informed decision-making in the field of ecology. Currently, big data technologies are predominantly used in the collection of information and assessment of environmental factors, such as the atmosphere, water, noise, solid waste, soil, as well as in forecasting and optimizing management.

Big data technology contributes to effective pollution monitoring and control, as well as comprehensive full-scale monitoring. However, currently, data on the new spatial-temporal



distribution of pollutants and the characteristics of pollutant emissions are not fully explored, limiting the potential for optimization of management based on big data technology. Systematic mathematical models and risk assessment 10 management systems based on big data technology are still imperfect, affecting the efficiency of decision-making in the field of risk control and environmental pollution.



**Fig. 1 Technological process of big data for ecological environment.**

Ukraine continues to face evident environmental problems, and the challenges of multi-profile and cross-cutting pollution are becoming increasingly complex. There is an urgent need for comprehensive innovation and systematic improvement in pollution control, as well as in making managerial decisions in the environmental sector. It is necessary to effectively integrate data from various environmental monitoring areas to meet diverse requirements of state control, such as compliance with emission and pollution standards, licensing and permits, waste management, etc.

## REFERENCES

1. LNCS Homepage. URL: <https://uwecworkgroup.info/ru/environmentalists-critique-ukraines-reconstruction-plan/>
2. Johnson, A.C., Donnachie, R.L., Sumpter, J.P., et al. (2017). An alternative approach to risk rank chemicals on the threat they pose to the aquatic environment [J]. *Science of The Total Environment*. 599–600. 1372–1381.
3. Danshyna, S., Nechausov, A., Andrieiev, S., Cheranovskiy, V. (2022). Information technology for analysis of waste management objects infrastructure. 79–82.
4. Danshyna, S. (2022). Remote sensing as a promising method for monitoring results. 79.
5. Danshyna, S. (2022). Municipal solid waste landfills monitoring: current experience with remote sensing data. 290–291.
6. Kossenko, M., Degteva, M. (1994). Cancer mortality and radiation risk evaluation for the techa river population [J]. *Science of The Total Environment*. 142(1). 73–89.

**СЕКЦІЯ 3**

**РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ**

**УДК 351.7+3347.43**

**ПРИНЦИПИ НАДАННЯ ДОПОМОГИ НАСЕЛЕННЮ В УМОВАХ  
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВОЄННОГО ХАРАКТЕРУ**

*Романюк І.П.*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

Захист цивільного населення в умовах надзвичайних ситуацій (НС) воєнного характеру є пріоритетом дій органів державної влади та місцевого самоврядування, а також сил сектору безпеки і оборони. Організація управління, взаємодії та інформування органів управління та сил цивільного захисту, які залучаються до ліквідації наслідків НС та визначення послідовності та обсягів організаційних і практичних заходів із реагування на НС та ліквідацію її наслідків, строків виконання, відповідальних виконавців та необхідних для цього ресурсів реалізуються відповідно до плану реагування на НС державного рівня. Переведення єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ) або її окремих територіальних підсистем в режим підвищеної готовності та НС здійснюється за рішенням Кабінету Міністрів України у разі загрози виникнення або виникнення НС.

Керівники органів управління та сил цивільного захисту організовують виконання заходів з першочергового життєзабезпечення постраждалих або їх евакуацію в місця постійного чи тимчасового проживання та вживають заходів з медичного захисту населення та ліквідації медико-санітарних наслідків НС.

Регулятивною нормою міжнародного права щодо захисту цивільного населення в умовах воєн і збройних конфліктів є Конвенція про захист цивільного населення під час війни (далі – Конвенція). Після Другої світової війни з урахуванням втрат серед цивільного населення на конференції дипломатів в м. Женева було підписано цю Конвенцію [1], норми якої врегульовували ведення бойових дій і ставлення до цивільного населення у можливих війнах і конфліктах майбутнього. Наразі норми Конвенції застосовуються у всіх випадках оголошеної війни чи будь-якого іншого збройного конфлікту, що може виникнути між двома чи більше країнами-підписантами, з урахуванням того, що одна зі сторін може не визнавати стану війни. Відповідно особами, які перебувають під захистом Конвенції, визнаються ті, хто в будь-який момент та за будь-яких обставин опиняються, у разі конфлікту чи окупації, під владою сторони конфлікту або країни-окупанта, громадянами яких вони не є. Згідно з Конвенцією поранені, хворі, особи з інвалідністю та вагітні жінки перебувають під особливим захистом і потребують особливого ставлення.

В межах національного законодавства України Кодекс цивільного [2] захисту регламентує відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від НС, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту. Нормативні рішення Кабінету Міністрів України в умовах оголошеного воєнного стану після початку збройного конфлікту регламентують згідно з нормами міжнародного гуманітарного права створення безпечних зон, організованих у спосіб, який дає змогу забезпечити захист цивільних осіб.

Грунтуючись на нормах міжнародного і вітчизняного гуманітарного права можна сформулювати наступні принципи надання допомоги населенню в умовах НС воєнного характеру, зокрема:

– гуманність – цивільні особи мають право на захист та повагу під час збройних конфліктів;

– прозорість – допомога надається всім, хто її потребує відповідно до поданих запитів та з урахуванням особливостей особи, яка її потребує, із забезпечення доступу до інформації про надану допомогу;

– системність – допомога надається у разі потреби цивільному населенню відповідно до потреб і можливостей з упорядкованим обліком отримувачів допомоги;

– комплексність – надаються всі види допомоги (медична, психологічна, юридична, соціальна, грошова, ресурсна), що може бути затребувана цивільним населенням в умовах НС воєнного характеру;

– неупередженість – допомога надається всім, хто її потребує незалежно від расової, релігійної, майнової ознаки або політичного переконання;

– відповідальність – надання допомоги тим, хто її найбільше потребує, найбільш ефективним і адекватним шляхом, враховуючи наявні можливості та ресурси;

– співробітництво – допомога надається державними інституціями, недержавними благодійними і волонтерськими організаціями та міжнародними гуманітарними структурами;

– стандартизація – допомога надається відповідно до визначених національних нормативів та міжнародних стандартів гуманітарної діяльності;

– інноваційність – застосування кращих світових і національних практик надання допомоги цивільному населенню, яке постраждало внаслідок НС, а також досвід міжнародних гуманітарних операцій у зоні ведення бойових дій.

Наразі можемо стверджувати, що запропоновані нами принципи надання допомоги населенню в умовах НС воєнного характеру окреслюють базові методологічні підходи щодо цього процесу та надають можливість зосередити дослідження цього процесу, що потребує нормативно-правового урегулювання, організаційного оформлення та адекватного і ефективного управління.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Женевська конвенція про захист цивільного населення під час війни від 12.08.1949. Верховна Рада України. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_154#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_154#Text) (дата звернення: 05.02.2024).

2. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення: 05.02.2024).

## МОДЕЛЮВАННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОКРІВЛІ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЕВОГО РЕЗЕРВУАРА

*Басманов О.Є., д.т.н., професор,*

*Максименко М.В.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Першочерговою задачею при локалізації і ліквідації пожежі в резервуарному парку є охолодження резервуарів, сусідніх з пожежею. Нагрів їх сталевих конструкцій до температури самоспалахування парів рідини, що зберігається в резервуарі, здатний призвести до поширення пожежі на них. При горінні в резервуарі найбільше значення теплового потоку припадає на верхню частину стінки та покрівлю сусіднього резервуара, особливо у випадку, коли вітер нахиляє полум'я в його бік. Це свідчить про необхідність врахування охолодження покрівлі сусідніх резервуарів при розробці плану локалізації і ліквідації пожежі в резервуарному парку.

В [1] побудовано модель нагріву покрівлі резервуара, яка ґрунтується на рівнянні, що описує теплопровідність по товщині покрівлі резервуара

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad 0 < x < \delta, \quad t > 0, \quad (1)$$

де  $T(x, t)$  – температура на відстані  $x$  від зовнішньої поверхні покрівлі в момент часу  $t$ ;  $\delta$  – товщина покрівлі. В якості початкової умови може бути прийнято

$$T(x, 0) = T_0, \quad (2)$$

де  $T_0$  – температура навколишнього середовища.

На зовнішній поверхні покрівлі резервуара задано крайову умову, що у випадку охолодження водою має вигляд

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = -\frac{c_0 \varepsilon_f \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_f}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 \right] \varphi + \frac{c_0 \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_{out}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] (1 - \varphi) + \frac{\alpha_{out}}{\lambda} (T_{out} - T_c), \quad (3)$$

де  $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ ;  $\varepsilon_f$ ,  $\varepsilon_w$  – ступені чорноти факела і покрівлі відповідно;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності сталі;  $T_f$  – температура факела;  $T_c$  – температура водної плівки у даній точці покрівлі;  $T_{out}$  – температура зовнішньої поверхні покрівлі резервуара;  $\alpha_{out}$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну між водною плівкою і покрівлею резервуара.

Крайова умова для внутрішньої поверхні покрівлі має вигляд

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=\delta} = -\frac{c_0 \varepsilon_w}{\lambda} \left[ \left( \frac{T_{in}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] - \frac{\alpha_{in}}{\lambda} (T_{in} - T_0), \quad (4)$$

де  $T_{in}$  – температура внутрішньої поверхні покрівлі резервуара;  $\alpha_{in}$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну з пароповітряною сумішшю в газовому просторі резервуара [1]. На зовнішній поверхні покрівлі резервуара має місце вимушений конвекційний теплообмін з водною плівкою, тому коефіцієнт конвекційного теплообміну визначається залежністю

$$\alpha_{out} = 0,0364 \frac{\lambda_f}{L^{0,2}} \left( \frac{w}{\nu} \right)^{0,8} \text{Pr}^{0,4} \left( \frac{\mu_f}{\mu_w} \right)^{0,11}, \quad (5)$$

де  $\lambda_f$  – коефіцієнт теплопровідності води;  $w$  – швидкість руху води;  $\nu$ ,  $\text{Pr}$  – кінематична в'язкість і число Прандтля води;  $\mu_f$ ,  $\mu_w$  – динамічна в'язкість води при температурі водної плівки і покрівлі відповідно;  $L$  – характерний розмір. Враховуючи конічну форму покрівлі і те, що, стікаючи від центру покрівлі до її краю, вода проходить шлях близько половини діаметру резервуара  $D$ , можна покласти  $L = D/2$ . Тоді (5) набуде вигляду

$$\alpha_{out} = 0,0418 \frac{\lambda_f}{D^{0,2}} \left( \frac{w}{\nu} \right)^{0,8} \text{Pr}^{0,4} \left( \frac{\mu_f}{\mu_w} \right)^{0,11}. \quad (6)$$

У формулі (6) величини  $\lambda_f$ ,  $\mu_f$ ,  $\nu$ ,  $\text{Pr}$  залежать від температури води, а  $\mu_w$  – від температури покрівлі. З урахуванням цього коефіцієнт конвекційного теплообміну (6) може бути представлений у вигляді

$$\alpha_{out} = D^{-0,2} w^{0,8} f(T_c) g(T_w), \quad (7)$$

де

$$f(T_c) = 0,0418 \lambda_f \nu^{-0,8} \text{Pr}^{0,4} \mu^{0,11}; \quad (8)$$

$$g(T_w) = \mu^{-0,11}. \quad (9)$$

При цьому множники в (8) залежать від температури води, а (9) – від температури покрівлі резервуара.

Розв'язання рівняння (1) з початковою умовою (2) і крайовими умовами (3), (4) дозволяє визначити температуру покрівлі резервуара в умовах її охолодження водою. Це, в свою чергу дозволяє таку інтенсивність подачі води на охолодження, яка б унеможливила досягнення температурою покрівлі критичних значень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Максименко М.В. Модель нагріву покрівлі резервуара під впливом пожежі в сусідньому резервуарі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. № 2 (36). С. 233–247.

## ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО РАДІОМОВЛЕННЯ DAB+ ДЛЯ ПЕРЕДАВАННЯ ПОВІДОМЛЕНЬ ЕКСТРЕНОГО ОПОВІЩЕННЯ ГРОМАДЯН

*Гордішевський Є.Л.<sup>1</sup>, аспірант,*

*Кольцова О.С.<sup>1,2</sup>, к.т.н., доцент*

*<sup>1</sup>Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку,*

*<sup>2</sup>Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут радіо і телебачення»*

У разі надзвичайних ситуацій як техногенного, так і природного характеру швидке реагування і коректна інформація, надана населенню, можуть бути вирішальними для рятування життів і запобігання збитків.

Тому, національна система екстреного оповіщення повинна бути добре розвиненою і ефективною. Україна має свою систему екстреного оповіщення, яку можна активувати в будь-який час. В наш час немає проблеми з доставкою повідомлень через стільникові мережі, через спеціальне програмне забезпечення та соціальні мережі, але для сповіщення населення цього може бути замало, оскільки для доступу до інформації людина повинна бути поруч з смартфоном або комп'ютером. Звукові сирени теж працюють, але є ризик, що людина просто не почує сигнал тривоги. Тому чим більш розвинена система передачі сигналів екстреного оповіщення населення, тим більша імовірність доставки екстрених повідомлень до тих, хто цього потребує.

Одним із можливих шляхів удосконалення існуючої системи екстреного оповіщення в Україні є застосування технологій цифрового радіомовлення, що передбачають передавання окремих сигналів екстреного оповіщення. Ідеться саме про систему цифрового радіомовлення DAB+ (Digital Audio Broadcasting), оскільки в Україні вже проводились дослідження цієї системи і нині вона використовується для регулярного мовлення у м. Києві [1]. Також передбачається подальше впровадження цієї технології в Україні. Зокрема, Рішенням Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 766 від 15 грудня 2022 року було затверджено Зміни до Плану розвитку національного телерадіоінформаційного простору, серед яких було зазначено, що [2]: «Національна рада замовляє дослідження щодо розбудови загальнонаціональної мережі радіомовлення у стандарті DAB+ з метою якісного охоплення сигналом автомобільних доріг державного значення, обласних центрів та сприяє проведенню публічного обговорення результатів досліджень після припинення чи скасування воєнного стану, введеного Указом Президента України від 24 лютого 2022 року № 64 «Про введення воєнного стану в Україні», ...».

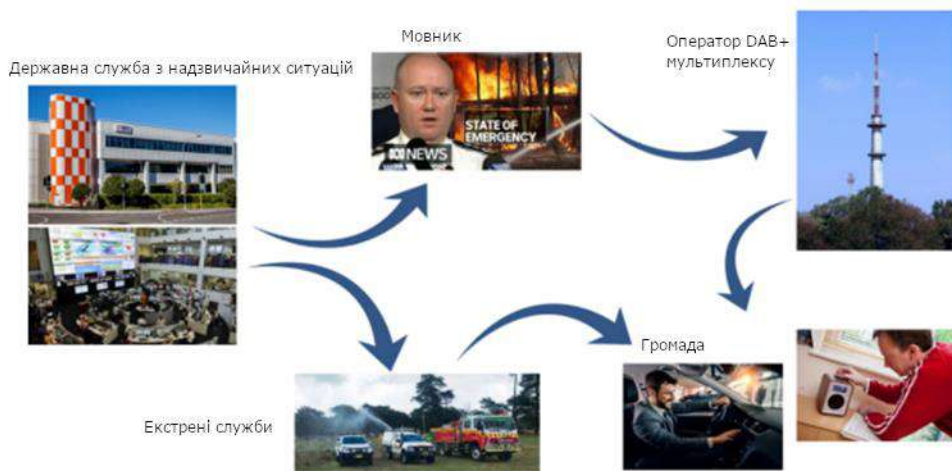
Стандарт DAB+ був створений для забезпечення населення високоякісним багатопрограмним цифровим радіомовленням на автомобільні та переносні радіоприймальні пристрої у частотних діапазонах від 47 МГц до 3 ГГц. Ця система має високу ефективність використання спектру, що дозволяє у доволі малій смузі частот (1,54 МГц) транслювати до 20 програм радіостанцій [3]. В ній використовуються сучасні системи аудіо кодування, зокрема HE-AACv2, які дозволяють системі ефективно використовувати пропускну здатність каналу передачі без погіршення сприйняття аудіо інформації слухачами. Сукупність цифрових даних власне програм та інших інформаційних послуг, яка одночасно обробляється та передається, отримала назву «ансамбль DAB+» (також відомий як «мультиплекс»).

Крім цього, в рамках технології DAB+ передбачено функцію повідомлення про надзвичайні ситуації (EWF – Emergency Warning Facility). За умови активування такої функції та включення даних, відповідних екстреному повідомленню до складу

мультиплексу, відбувається автоматичне перемикання радіоприймача з обраної слухачем програми на повідомлення про надзвичайну подію. В багатьох країнах це розглядається як простий, надійний та дуже швидкий спосіб повідомити слухачів про стихійні лиха та надзвичайні події.

Крім звукових оголошень може бути отримана докладна текстова інформація кількома мовами.

Впровадження системи екстреного оповіщення з використанням DAB+ відрізняється в різних країнах. В цьому процесі беруть участь кілька організацій, як показано на рис. 1 [4]. Необхідно узгодити процедури та порядок дій у надзвичайних ситуаціях, щоб забезпечити своєчасне та коректне використання функції екстреного попередження DAB+.



**Рис. 1. Приклад інформаційного потоку, що демонструє участь кількох організацій для інформування громадськості про надзвичайні події.**

Перемикання оповіщень про надзвичайні ситуації має контролюватися операторами систем мультиплексування після погодження зі службою з надзвичайних ситуацій та за повної співпраці мовників.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Впровадження цифрового радіо в стандарті T-DAB. URL: <https://webportal.nrada.gov.ua/tsyfrove-radiomovlennya-v-ukrayini/#block-3>
2. Додаток 1 до Рішення № 766 Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення «Про затвердження Змін до Плану розвитку національного телерадіоінформаційного простору». м. Київ. 15.12.2022. URL: <https://www.nrada.gov.ua/wp-content/uploads/2023/03/R-2022-00766-D.pdf>
3. ETSI EN 300 401 (v 2.1.1) Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers. 2017-01. European Telecommunications Standards Institute, 2017. 124 p.
4. DAB+ emergency broadcasting and warnings. WorldDAB Factsheet, July 2021. 6 p. URL: [https://www.worlddab.org/public\\_document/file/1451/DAB\\_\\_Emergency\\_warning\\_factsheet.pdf?1635785305](https://www.worlddab.org/public_document/file/1451/DAB__Emergency_warning_factsheet.pdf?1635785305)

## ЩОДО АДАПТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІШЕННЯ ПО ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПОЖЕЖІ НАЗЕМНИМИ СИЛАМИ СПІЛЬНО З ПОЖЕЖНИМИ ПОВІТРЯНИМИ СУДНАМИ

*Гурник А.В.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Для побудови систем підтримки прийняття рішень (СППР) часто використовуються різні моделі планування, пов'язані з побудовою планів вирішення проблем. Завдання планування потребує реалізації відповідних підсистем в інформаційних системах і СППР.

У даній роботі розглядається реалізація адаптивного планування [1] в інтелектуальній СППР для локалізації пожежі наземними силами разом із пожежними повітряними суднами (ПС) завдяки застосуванню операційної системи реального часу (ОСРЧ – RTOS (Real-time operating system) і методики розрахунків з використанням геоінформаційної системи «Google Earth».

Застосування ОСРЧ і методики розрахунків й функцій програми «Google Earth» передбачає існування в системі безліч ситуацій  $S$  і необмежені можливості  $\omega$  для планування та може бути складовою частиною інформаційно-аналітичної системи управління з реагування на пожежу в межах необхідних часових обмежень  $t$  та її локалізації шляхом комплексного залучення різномірних сил.

Інтелектуальна СППР, завдяки застосуванню запропонованих програмних продуктів і методики розрахунків, здатна формувати в реальному масштабі часу різні варіанти планів локалізації пожежі чи ліквідації вогнища займання й надавати можливість вибирати найбільш прийнятний варіант оперативних дій наземними силами спільно з пожежною авіацією в ситуації, що склалася та можливого її розвитку [2].

Відмінною можливістю пропонуємого підходу до планування таких оперативних дій є використання адаптивного алгоритму планування, який передбачає можливість перегляду й зміни плану по мірі надходження нової інформації аж до необхідності спільного застосування наземних і повітряних сил пожежогасіння

Під можливим планом спільних оперативних дій розуміється частково впорядкована послідовність робіт, направлена на досягнення певної мети зі створення умов для успішної локалізації пожежі з деякої фіксованої початкової надзвичайної ситуації. Ключовим моментом у побудові можливого плану є правильне визначення цілей [3].

Рішення завдання планування спільних дій наземних і повітряних сил пожежогасіння призводить до появи моделі розвитку пожежі намічених дій та очікуваних наслідків.

У випадку виявлення місця виникнення займання інформування про нього передається черговому (диспетчеру). Зона займання візуально представлена на цифровій карті у вигляді укрупненого об'єкта, розбитого на окремі сектори. Для кожного сектора визначаються параметри місця виникнення займання, що включають: швидкість і напрямок руху вогневого фронту, метеоумови в зоні для пожежної авіації й наземних сил і список та характеристика пожежонебезпечних об'єктів, площі секторів зони займання тощо. Крім цього, для кожного сектора вказується список дієвих для боротьби з вогнем пожежних підрозділів і пілотованих й безпілотних пожежних ПС, їх кількість і дислокація й типи та всебічне забезпечення, а також передбачуваний час прибуття резерву.



Після визначення основних характеристик об'єкта займання, оператор вибирає оптимальний план локалізації та ліквідації пожежі (ПЛЛЖ) з урахуванням визначених параметрів займання й розповсюдження вогню по секторам, які є критичними для поширення вогневого фронту в заданому секторі. ПЛЛЖ включає визначені вимоги Порядку розроблення планів діяльності ЄДСЦЗ та Методичних рекомендацій щодо його відпрацювання [4].

ПЛЛЖ  $\gamma$  складається з двох компонент: тіла плану  $\beta$  з інформацією про порядок його реалізації, і дискретора процесів плану  $\delta$  з характеристикою перед- і постумов їх виконання [5].

Якщо тіло плану позначимо  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ , їх сукупність утворює безліч  $\Delta_\beta$ .

Дискретор процесів плану  $\delta$  є бінарним відношенням виду  $\delta \subseteq S \times S$ , для якого виконується відношення: якщо  $(\omega t), (\omega^y, t^y) \in \delta$ , тоді  $\omega = \omega^y$ .

Дискретор передумов  $\delta$  – представляє безліч ситуацій, у яких допустимим є виконання  $\beta$ , тобто передумови виконання  $\beta$ .

Дискретор постумов  $\delta^+$  – представляє безліч ситуацій, які можуть виникнути в результаті здійснення  $\beta$  постумови для  $\beta$ .

ПЛЛЖ  $\gamma$  є релевантним ситуації  $(\omega t)$ , якщо  $\beta(\gamma)$  починає виконуватися з ситуації  $(\omega t)$  і завершується в деякій іншій ситуації  $(\omega t^*)$ .

Процес пошуку оптимального ПЛЛЖ для прийняття оптимального рішення здійснюється шляхом використання моделі «роздумів» на основі прецедентів, ключовою особливістю яких є висновки деякої аналогічної ситуації.

Процес прийняття оптимального рішення на основі прецедентів передбачає чотири фази: пошук і витяг подібних прецедентів, вироблення рішення, перегляд і модифікація прийнятого рішення, збереження заново сформованого прецедента.

Одним з найбільш перспективних напрямів подальшого розвитку запропонованої СППР є реалізація предметної проблемно-залежних обмежень і спрощень, що дозволяють знизити час перебору можливих планів в умовах нестабільності та невизначеності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Альбрехтс Л., Бальдуччі А. Практика стратегічного планування: у пошуках критичних особливостей для пояснення стратегічного характеру планів. The Planning Review. 2021. 16 с.
2. Безугла Ю. Аспекти здійснення заходів з попередження та ліквідації пожеж в екосистемах. Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація: матеріали вебінару (23 лют. 2022, м. Харків). Харків: НУЦЗ України, 2022. С. 10–12.
3. Панченко С., Ніжник В., Биченко А. Тенденції застосування авіаційної техніки для гасіння пожеж. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. 2021. № 1. Том 5. С. 104–114.
4. Про затвердження Порядку розроблення планів діяльності єдиної державної системи цивільного захисту: Постанова Кабінету Міністрів України від 09.08.2017 № 626. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/626-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення: 23.02.2024).
5. Дерлоу Д. Ключові управлінські рішення. Технологія прийняття рішень: Пер. з англ. Київ: Наукова думка, 2001. 242 с.

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОБЛАСТІ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Діхтяренко Т.В.<sup>1</sup>,  
Рашкевич Н.В.<sup>1</sup>, PhD  
Глабчук А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Житомирській області

З початку дії періоду воєнного стану в Україні надзвичайні ситуації набули значно ширших масштабів, що, у свою чергу, призводить до великої кількості постраждалих і загиблих. Під час проведення бойових дій існує велика загроза руйнації будівель та споруд внаслідок ракетного удару, мінометного обстрілу тощо. В таких ситуаціях нагальним постає питання проведення пошуково-рятувальних робіт, які є не менш актуальними й у мирний час, наприклад при загубленні людей у лісі чи в горах. Розвиток сучасних технологій значно підвищує ефективність та оптимізує процес пошуку та порятунку постраждалих на всіх етапах операції.

Згідно з чинним законодавством, пошуково-рятувальними роботами називаються роботи, під час здійснення яких використовуються пошуково-рятувальні сили та засоби для визначення місцезнаходження об'єктів та суб'єктів, зазнали (зазнають) лиха, а також для рятування осіб, які постраждали, надання їм невідкладної медичної допомоги та доставки у безпечне місце [1].

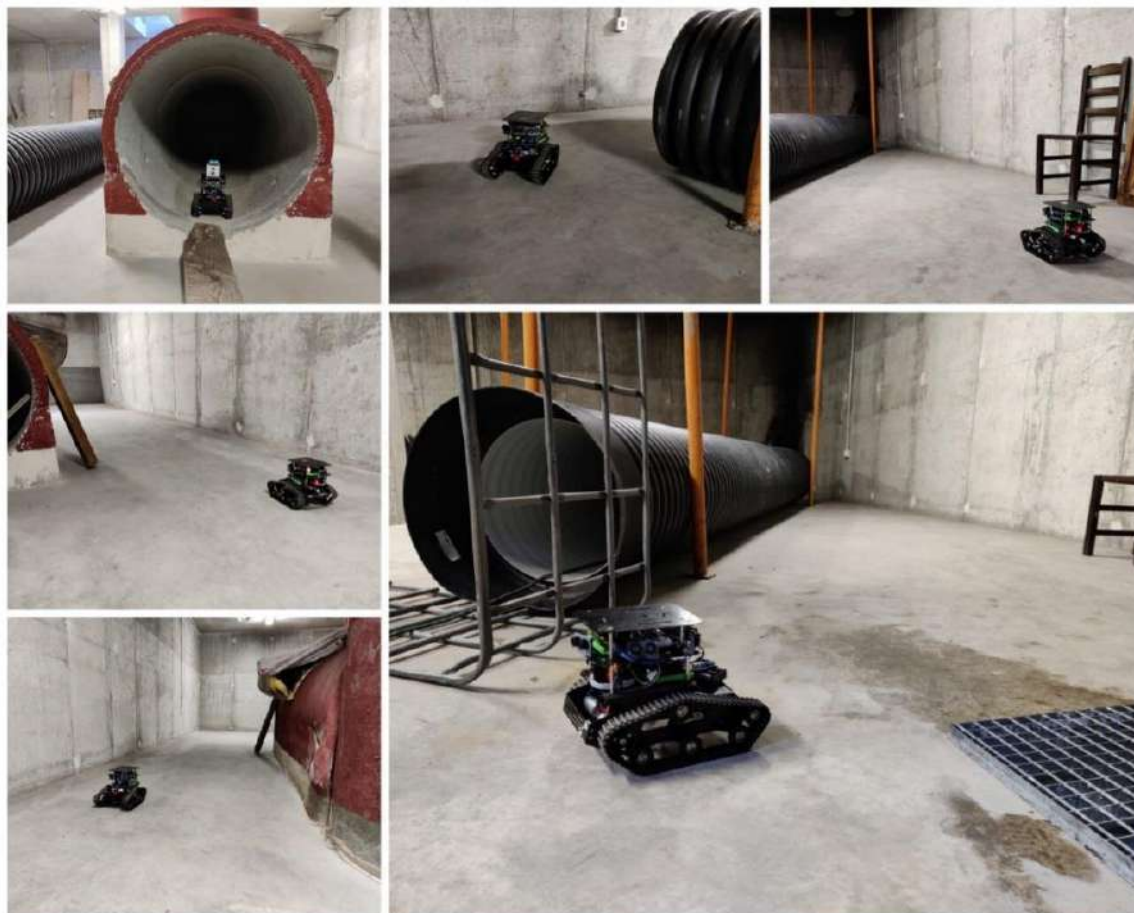
Під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій важливу роль на сьогодні відіграє застосування новітніх технологій та розробок, що значно впливає на успішність виконання цих операцій. Використання сучасних цифрових пристроїв дозволяє суттєво скоротити час пошуку постраждалих у надзвичайній ситуації чи врятувати не одне людське життя. Широкого застосування саме при пошуково-рятувальних операціях набули безпілотні літальні апарати, тепловізори, мобільні роботи тощо [5].

Ефективність проведення розвідки з виявлення осередку пожежі та пошуково-рятувальних робіт з використанням пожежних тепловізорів досліджувалася за методикою оцінки параметрів пожежних тепловізорів, яка була розроблена у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності. Порівняльній оцінці параметрів роботи підлягали тепловізори, якими оснащені підрозділи оперативно-рятувальної служби цивільного захисту Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС України). За результатами проведених досліджень науковці визначили ряд важливих тактико-технічних характеристик пристроїв, серед яких температурний діапазон та температурна чутливість, що є вирішальними під час проведення розвідки в загазованих та задимлених приміщеннях [4].

Проведення пошуково-рятувальних операцій у замкнених просторах, а також евакуація постраждалих із глибин, колодязів чи колекторів, є не менш актуальною проблемою сьогодення у рамках проведення аварійно-рятувальних робіт. В таких ситуаціях доцільним методом для пошуку людей є використання роботизованих відеокамер. Як приклад, надзвичайна ситуація у Львові, коли у відкриті каналізаційні люки провалилися та в результаті загинуло двоє дітей. У важкодоступних місцях рятувальникам доводилось застосовувати відеокамери-роботи на пульті управління, які здатні опускатися на глибину близько 90 метрів і проводити обстеження території [6].

В операціях з гасіння пожеж виявлення потенційних небезпек для рятувальників та аналіз шляхів відходів є критично важливими. Для полегшення роботи пожежників та

зниження ризику для їхнього життя інженери з Мадриду розробили робота, який автономно аналізує середовище і передає рятувальникам необхідні дані, уникаючи їх небезпеці. Перші результати випробувань вже показали перспективи цієї інноваційної розробки. Вчені випробували свого двокілограмового гусеничного робота у закритому приміщенні, заповненому потенційними перешкодами, такими як коридори, повороти та безлад, а також з локальною пожежею у вигляді палаючої пательні на плитці. Цей робот був передбачено ультразвуковими датчиками для виявлення перешкод, а також датчиками температури і сенсором, який реагує на чадний газ. Зібрані датчиками дані використовуються роботом як для передачі пожежникам, так і для власного аналізу з метою побудови оптимального маршруту. Цей експеримент демонструє потенційні можливості таких роботів у сфері пожежної безпеки та рятувальних операцій [2].



**Рис. 1. Перешкоди, які подолав робот.**

Найбільш перспективними в розвитку сучасних технологій для пошуково-рятувальних робіт є безпілотні літальні апарати (далі – БПЛА), які відіграють ключову роль у галузі авіаційного пошуку та рятування як на суші, так і на морі. Особливо важливою стає їхня функціональність у складному рельєфі місцевості, такій як лісисті гори, ущелини та інші важкодоступні місця. Це стає особливо актуальним при пошуку постраждалих внаслідок повеней, сходження лавин, землетрусів та інших катастроф. Застосування датчиків та аналізаторів дозволить точно визначити місцезнаходження потерпілих під завалами, а також здійснювати їх пошук в урбанізованих територіях, в тому числі у лісах та інших важкодоступних місцях. Це допоможе збільшити ефективність та швидкість рятувальних операцій, що врятує багато життів і зменшить ризику для постраждалих [3].

Таким чином, застосування сучасних технологій у сфері пошуково-рятувальних робіт відкриває широкий спектр можливостей аварійно-рятувальних підрозділів ДСНС України:

- оперативне виявлення та вчасне реагування на потенційні небезпеки;
- підвищення швидкості реагування на надзвичайні ситуації;
- збільшення точності та ефективності операцій пошуку та рятування, тобто підвищення результативності виконання робіт;
- скорочення кількості постраждалих та вчасне надання їм медичної допомоги.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Правил пошуково-рятувального забезпечення польотів державної авіації України: наказ Міністерства оборони України від 29.12.2016р. № 736. Офіційний вісник України. 2017. № 18. С. 250.

2. Гусеничний робот знайшов джерело вогню та створив шлях евакуації. URL: <https://nauka.ua/news/gusenichnij-robot-znajshow-dzherelo-vognyu-ta-stvoriv-shlyah-evakuasiyi> (дата звернення: 30.01.2024).

3. Лещенко Г.А., Мандрик Я.С., Стратонов В.М., Давидов С.А. Способи застосування безпілотних літальних апаратів під час авіаційного пошуку і рятування. Наукоємні технології. 2021. № 3(51). С. 271–280.

4. Луц В.І., Лазаренко О.В., Войтович Д.П., Штангрет Н.О, Петровський В.Л., Пастухов П.В. Оцінка ефективності роботи пожежних тепловізорів у вогневому модулі. Пожежна безпека: зб. наук. пр. 2020. № 36. С. 66–74.

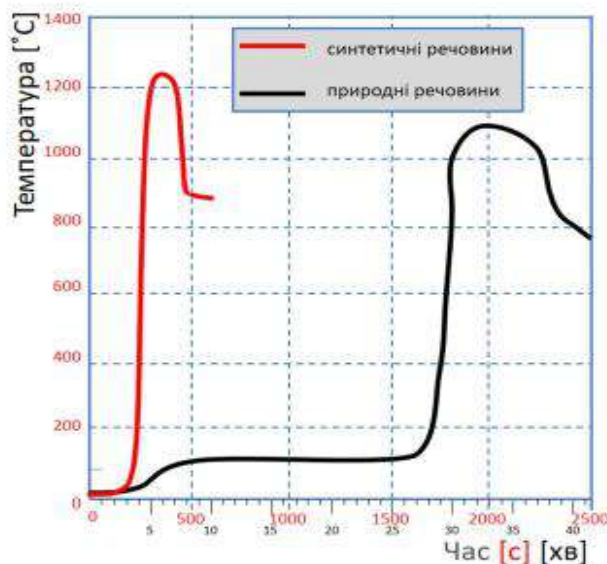
5. Мухін В.В., Лазаренко О.В. Дослідження особливостей використання пожежного тепловізора в умовах проведення пошуково-рятувальних робіт. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. Львів, 2022. С. 157–160.

6. Поляков І.О., Білоус С.С. Проблеми проведення аварійно-рятувальних робіт у замкнутих просторах. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2014. С. 87–88.

**ВПЛИВ ТВЕРДИХ ГОРЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ НА РОЗВИТОК ПОЖЕЖІ***Дубінін Д.П., к.т.н., доцент,**Іванов М.А.**Національний університет цивільного захисту України*

Сьогоднішні пожежі створюють більший ризик для суспільства та пожежних, ніж пожежі, які виникали впродовж декількох минулих десятиліть, що відбувається у зв'язку із наявністю матеріалів синтетичного походження. Порівняно з минулими роками, пожежі сьогодні розвиваються і поширюються швидше, продукують більше тепла і диму та досягають вищих температур. Набагато швидше виникає також явище розгорання. Нинішні пожежі також реагують швидше і набагато динамічніше на доступ повітря [1–5]. З огляду на нинішнє оснащення приміщень бачимо, що у переважній більшості вони наповнені продуктами синтетичного походження: деревостружкові плити із клеєм і синтетичним шпоном, пінка у м'яких меблях, оббитих синтетичними матеріалами, дивани із синтетичних волокон, пластикові корпуси аудіовізуального обладнання, тощо. Дивлячись на кілька десятків років у минуле, можна побачити, що наші приміщення квартир чи місць роботи містили більше продуктів природного походження: дерев'яні меблі, тканинні дивани [6, 7].

У дослідженнях, виконаних у 2008 році, в UL Fire Safety Research Institute здійснено порівняльні дослідження двох вищезазначених видів оздоблення приміщень і їх поведінки під час пожежі. Головна відмінність була виявлена у динаміці розвитку пожежі (рис. 1) [6, 7].



**Рис. 1. Графік порівняння розвитку пожеж [7].**

Чорним кольором позначено усереднений розвиток пожежі з використанням природних матеріалів, характерних для оснащення приміщень 70-х років. Бачимо, що лише після 25 хвилин пожежа розпочала виразно розвиватися, температури почали підвищуватись і відбулося явище розгорання. Пожежа досягла максимальну температуру приблизно до 1100 °С. Червоним кольором позначено усереднений розвиток пожежі з використанням синтетичних матеріалів, характерних для приміщень сьогоднішніх часів. Можна зауважити, що вже після неповних 3 хв пожежа почала

розвиватися дуже динамічно і невдовзі відбулося розгорання. Максимальні температури на цій пожежі були вищими (перевищили 1200 °C) [7].

Слід додати, що речовини природного походження назагал внаслідок нагрівання виділяють паливо у газовому агрегатному стані у двічі повільніше від речовин синтетичного походження, тобто меншу вагу палива у газовому агрегатному стані за одиницю часу (це певне спрощення). У випадку синтетичного палива потрібно найчастіше у двічі менше палива у газовому агрегатному стані, щоб могло виникнути полум'я (ще раз, це певне спрощення) [6, 7]. Це означає, що синтетичні речовини будуть розкладатися швидше, продукувати більше продуктів згорання, які набагато легше згоратимуть. Це також означає, що доступний кисень буде використовуватися швидше, а розвиток пожежі буде інтенсивнішим, ніж у випадку наявності речовин природного походження.

Природні речовини згорають повільніше, утворюють менше тепла за одиницю часу та менше диму, який є головною причиною загибелі на пожежах. Дим містить набагато більше палива і він створює більшу загрозу для пожежних. Час досягнення явища розгорання свідчить, що на сьогодні мешканці мають менше часу на уникнення загроз для здоров'я і життя, ніж колись. Також можна стверджувати, що зазвичай пожежні прибувають вже після виникнення явища розгорання, на відміну від пожеж, які виникали у минулих роках, що відбувалися за участю переважно природних речовин.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Dubinin, D, Lisniak, A, Krivoruchko, Y, Pobidash, A. (2022). Experimental Investigations of the Thermal Decomposition of Wood at the Time of the Fire in the Premises of Domestic Buildings. *Materials Science Forum*. 1066. P. 191–198. Doi: 10.4028/p-8258ob.
2. Dubinin, D., Hrytsyna, I., Ragimov, S., Hrytsyna, N. (2023). Experimental Investigation of the Pyrolysis of Synthetic Materials Exposed to External and Internal Fires, In *Key Engineering Materials*. 952. 95–103. Doi: 10.4028/p-rtt6po.
3. Dubinin, D., Lisniak, A., Shevchenko, S., Gaponenko, Y. (2023). Experimental Investigation of the Flammable Properties and Factors of Wooden Products Exposed to the Fire Impact. In *Key Engineering Materials*. 952. 83–93. Doi: 10.4028/p-4f8ed8.
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
5. Дубінін Д.П., Лісняк А.А., Шевченко С.М., Криворучко Є.М., Гапоненко Ю.І. Дослідження впливу будівельного матеріалу конструкції будівлі на розвиток внутрішньої пожежі. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2022. № 35. С. 175–185.
6. Посібник «Способи оперування вогнегасними струменями» / Кокот-Ґура Шимон; переклад з польської Володимира Дубасюка. Львів: «AIR PRESS», 2019. 36 с.
7. Посібник «Гасіння внутрішніх пожеж» / Шимон Кокот; переклад з польської Володимира Дубасюка. Львів, 2022. 319 с.

## ОБИРАННЯ ТИПУ АНТЕНИ ПОРТАТИВНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИМІРЮВАЧА ТОВЩИНИ ЛЬОДУ

*Загора О.В., к.т.н., доцент,  
Фещенко А.Б., к.т.н., доцент,  
Борисова Л.В., к.ю.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Більшість водойм України у холодну пору року вкрита льодом і можуть складати небезпечну перепону при необхідності їх подолання. Мінімальне значення товщини льоду, при якому забезпечується безпечно подолання людиною та легким автотранспортом крижаних переправ, становить від 5 до 15 см. Визначення товщини льоду необхідне для пошуку переправ, побудови карт льодового покриття району надзвичайної ситуації (НС) для організації пошуково-рятувальних робіт та в інших аналогічних ситуаціях. Оперативне вирішення цих завдань можливе при використанні портативних радарів - радіолокаційних станцій підповерхневого зондування (РЛСПЗ), встановлених на автомобілях, безпілотних літальних апаратах (БПЛА) або виконаних у переносному варіанті [1]. Оскільки можливості оперативного застосування таких вимірювачів значною мірою визначаються властивостями і характеристиками антенних систем, що застосовано в пристроях, вибір малогабаритної антени портативного радіолокаційного вимірювача є актуальним завданням при розробці (виборі) і моделюванні ефективності функціонування РЛСПЗ.

Ринок антенних систем у наш час пропонує значну кількість вимірювальних антен вітчизняних та зарубіжних виробників, що відрізняються за своїм призначенням, діапазоном робочих частот, а також становлять широкий спектр конструктивних рішень. Зазвичай виробники технічної документації вказують конкретне призначення та технічні умови, вимогам яких відповідає та чи інша антена. Інтерес для фахівців представляє обирання найбільш ефективною антени для специфічної (щодо РЛСПЗ) галузі використання при мінімальній вартості.

Говорячи про ефективність вимірювальної антени, слід чітко позначити цілі та умови, в яких антена застосовуватиметься. У разі вимірювання товщини льоду мобільним радіолокаційним вимірювачем зростає роль як власне електричних, так і тактичних характеристик приладу (таких як вага, габарити, вітровий опір та ін.). Вибираючи діапазон антени необхідно враховувати, що особливістю сучасних портативних радарів є використання як зондувального сигналу коротких імпульсів без несучої частоти, що мають властивості широкосмугових сигналів. Спрямованість антени також може суттєво впливати на енергетичний потенціал РЛСПЗ. Підвищення коефіцієнту направленої дії антени дозволяє компенсувати втрати енергетичного потенціалу, спричинені збільшенням висоти вимірювань, обмеженням потужності передавача, що особливо важливо в умовах жорстких обмежень ваги РЛСПЗ при розміщенні на БПЛА. Особливістю даного випадку є також те, що антена повинна поєднувати у собі спрямовані властивості з максимально можливою широкосмуговістю.

З загальної теорії антен відомо, що ефективність антени перебуває у прямій залежності від її геометричних розмірів. Коефіцієнт підсилення  $G$ , антени по відношенню до ізотропного (ненаправленого) випромінювача визначається за формулою:

$$G \approx \frac{4\pi S}{\lambda^2}, \text{ разів,} \quad (1)$$

де:  $S$  – еквівалентна площа антени,  $m^2$ ;  $\lambda = c/f$  – довжина хвилі сигналу, що приймається, м ( $c$  – швидкість поширення радіохвиль, м/с,  $f$  – частота сигналу, Гц).

Ширина головної пелюстки діаграми напрямленості антени (ДНА) пов'язана з лінійними розмірами наближеним співвідношенням:

$$\Delta\Theta \approx \frac{50\lambda}{l}, \quad (2)$$

де:  $\Delta\Theta$  – ширина головної пелюстки ДНА по рівню  $-3$ дБ, град;  $l$  – лінійний розмір еквівалентного майданчику у площині виміру ДНА.

Звідси випливає, наприклад, що для антени з шириною ДНА в горизонтальній площині  $60^\circ$  еквівалентний майданчик матиме розмір по горизонталі  $0,25$  м для частоти  $1$  ГГц, а для частоти  $100$  МГц – вже  $2,5$  м. Розміри антени обернено пропорційні частоті сигналу, що застосовується, і визначаються цією частотою.

Ще одним важливим фактором, що визначає ефективність антени, є коефіцієнт корисної дії, тому недостатньо вибрати антену з великою еквівалентною площею, треба ще всю енергію, що падає на дану площу, з мінімальними втратами доставити до входу приймально-передавача, до якого підключена антена.

У таблиці 1 наведено характеристики деяких конструкцій антен, які відповідають вимогам, що пред'являються.

**Таблиця 1. Основні характеристики деяких широкосмугових антен**

Назва (конструкція)	Робочий діапазон	Коефіцієнт стоячої хвилі	Габаритні розміри	Коефіцієнт підсилення ДНА, дБі
Антенна Вівальді «Антрад-10»	0,6–8 ГГц	2,5	325x200x1.5 мм	до 13
Віальна антена	40–300 МГц	1,4–1,7		1,5–2
Широкосмугова зигзагоподібна антена	вище 1 ГГц, 50–55 % від $F_{cp}$	2		7, при ширині ДНА $70^\circ$ на $90^\circ$

Бачимо, що, наприклад, за коефіцієнтом підсилення істотною перевагою відрізняються антени, розроблені на основі конструкції Вівальді. У той же час такі параметри, як коефіцієнт корисної дії, вага та інші тактичні групи значною мірою визначаються матеріалами і технологіями, використовуваними виробником при їх виготовленні. Тому остаточне рішення про відповідність конструкції та характеристик антени вимогам, що висуваються, має прийматися за результатами натурних польових випробувань запропонованих зразків.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Wenpeng, W., Bo, Z., Xiaojun, L., Jian, Y., Guangyou, F. (2012). High-resolution penetrating radar for ice thickness measurement. 14th International Conference on Ground Penetrating Radar, 04-08 June 2012. Doi: 10.1109/ICGPR.2012.6254844



**ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИКИ ПОШУКУ  
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ МАТЕРІАЛІВ***Карнов А.А.,**Кустов М.В., д.т.н., професор,**Басманов О.Є., д.т.н., професор,**Кулаков О.В., к.т.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

Активні бойові дії на території України за останні 10 років призвели до забруднення значної території держави вибухонебезпечними предметами, що містять вибухонебезпечні матеріали (далі – ВМ). При цьому використовувались різноманітні вибухонебезпечні предмети, включаючи саморобні та безоболонкові. При деокупації територій виникає небезпека для населення та персоналу, що повертаються з евакуації. Тому на сьогодні в Україні першочерговою задачею є очищення місцевості від вибухонебезпечних предметів. Для розв'язання цієї задачі використовуються різні методи для їх виявлення та деактивації [1]. Однак для очищення території України від ВМ при використанні існуючих методів та технічних приладів потребує десятки років пошукових робіт. Підвищення інтенсивності роботи, призводить до зростання ризику неконтрольованого підриву ВМ та неповного очищення території. Все це вимагає активізувати роботу по пошуку та розробці нових методів виявлення та деактивації вибухонебезпечних предметів. Такі методи повинні базуватись на нових принципах роботи для забезпечення умов швидкого сканування території великого масштабу та дистанційної деактивації ВМ.

2023 рік продемонстрував всьому світу суттєве зростання небезпек різного характеру. Нажаль у 2024 році ця тенденція лише зростає. В останні роки суттєво збільшується кількість надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціального та військового характерів. Не зважаючи на те що розвинені країни світу інтенсифікують розвиток технологій та організаційних підходів безпекового характеру ризику для життя та здоров'я людини зростають. Розвиток загального стану безпеки в окремому регіоні має декілька стадій та напрямів. Перш за все це оцінка рівня ризику. Для цього необхідна наявність повної та достовірної інформації, яку можна зібрати під час якісного моніторингу. По-друге, розробка сучасних методів та засобів попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру.

Наявність великої кількості активних військових конфліктів супроводжуються новими, більш масштабними загрозами. Основними з таких загроз є мінна небезпека та ризик використання зброї масового ураження. Якщо ризик масштабного забруднення території небезпечними хімічними та радіоактивними матеріалами у наслідок використання зброї масового ураження залишається потенційним, то загрози для мирного населення від вибухонебезпечних предметів є сумною реальністю вже зараз. Так наприклад в Україні більше 15% території є потенційно забрудненими вибухонебезпечними предметами. Технології та методики пошуку та знешкодження вибухонебезпечних матеріалів останнім часом суттєво розвинулись [2]. До основних методів відносяться: магнітний та ультразвуковий. Однак основним недоліком цих методів є мала дальність виявлення [3]. Це призводить до двох негативних наслідків. По-перше рятувальники для виявлення ВМ повинні наблизитись до нього на небезпечну відстань, що деколи призводить до травмування та загибелі у наслідок неконтрольованого підриву. По-друге мала дальність виявлення призводить до низьких

темпів обстеження території, що є неефективним у випадку коли площа обстеження становить декілька сотень квадратних кілометрів. Останнім часом активно розвивається візуалізаційний метод із використанням інструментів штучного інтелекту, який дозволяє автоматично розпізнавати предмети на поверхні землі. Цей метод дозволяє швидко обстежувати значну площу території, але недосконалість технології штучного інтелекту призводить до суттєвих похибок. Додатковими перепонами такого методу є розташування ВМ у щільній рослинності та під шаром ґрунту, що практично унеможлиблює пошук візуалізаційним методом.

Додатковим негативним фактором, який знижує ефективність існуючих методів виявлення та знешкодження ВМ є поширене використання вибухонебезпечних предметів із суттєво різними конструктивними особливостями, які вимагають специфічного підходу. Так, наприклад, широкого використання набули безоболонкові ВМ та ВМ без металевих конструкційних матеріалів. Це практично повністю не дозволяє використовувати найбільш поширений та відпрацьований магнітний метод детектування ВМ [3].

Тому необхідно розглянути використання НВЧ-електромагнітних хвиль для пошуку ВМ будь-якого складу та конструкції. Перевагою НВЧ-електромагнітних хвиль є можливість передачі сигналу на велику відстань із незначними енергетичними втратами та селективна взаємодія ВМ з НВЧ-електромагнітними хвилями. Остання властивість дозволяє чітко виявляти місця аномалій шляхом прийняття відбитого сигналу. Недоліком роботи можна вважати побудову моделі на основі теорії довгих ліній (теорія, за якої поздовжній розмір лінії передачі перевищує довжину хвилі, що розповсюджується в ній, а поперечний розмір лінії передачі є значно меншим довжини хвилі).

Виходячи з того, що основною та найбільш небезпечною частиною будь-якого вибухонебезпечного предмету є саме ВМ, то необхідно провести дослідження фізико-хімічних властивостей найбільш поширених ВМ. Як відомо саме фізико-хімічні властивості матеріалів визначають їх електромагнітні властивості та стійкість до теплового та радіаційного впливу. Для розробки нових ефективних методів пошуку вибухонебезпечних предметів необхідно сконцентрувати увагу саме на дослідженні закономірностей взаємодії ВМ з НВЧ-електромагнітними хвилями.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Dorn, A.W. (2019) Eliminating Hidden Killers: How Can Technology Help Humanitarian Demining?. *Stability: International Journal of Security and Development*. 8(1) 5. URL: <http://doi.org/10.5334/sta.743>
2. Armstrong, R.W., Elban, W.L. (2006) Materials science and technology aspects of energetic (explosive) materials. *Materials Science and Technology. Energetic (explosive) materials and deformation at high strain rates*. 22(4). 381–395. URL: <https://doi.org/10.1179/174328406X84049>
3. Williams, D.P., Myers, V., Silvious, M.S. (2009) Mine Classification With Imbalanced Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 6(3). 528–532. URL: <http://doi.org/10.1109/LGRS.2009.2021964>)

УДК 614.8.086

## КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ РЯТУВАЛЬНИКІВ І ПОЖЕЖНИХ

*Кравченко Р.І., к.т.н., ст. дослідник,*

*Корольова О.Г., к.е.н., доцент,*

*Хроменков Д.Г.,*

*Гулик Ю.Б.,*

*Льченко Н.М.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Здійснюючи заходи щодо адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу, в нашій країні прийнято Технічний регламент засобів індивідуального захисту та національні стандарти на такі засоби, що відповідають гармонізованим європейським стандартам. Водночас цими стандартами не визначено класифікацію засобів індивідуального захисту для рятувальників та пожежників. Також згідно з цими та міжнародними стандартами засоби індивідуального захисту рятувальника вважаються засобами індивідуального захисту пожежних, що треба брати до уваги.

В останні роки значну роботу у вирішенні цієї проблеми виконала Міжнародна організація стандартизації (ISO). Цією організацією визначено класи пожежних та рятувальних (аварійно-рятувальних) робіт [1]: FF1 – гасіння лісових та польових пожеж; FF2 – проведення рятувальних робіт, пов'язаних з дорожньо-транспортними пригодами, руйнуванням будівельних конструкцій та стихійними лихами; FF3 – проведення робіт в умовах впливу небезпечних матеріалів (речовин); FF4 – гасіння пожеж типу R1; FF5 – гасіння пожеж типу R2. Для проведення таких робіт застосовують засоби індивідуального захисту згідно зі стандартами [1]–[5].

Міжнародні стандарти та пов'язані з ними національні стандарти, в яких встановлено вимоги до засобів захисту окремих частин тіла пожежних (рятувальників) подано в таблиці 1.

**Таблиця 1. Засоби індивідуального захисту пожежних (рятувальників)**

Назва засобу індивідуального захисту	Міжнародний стандарт на засіб індивідуального захисту	Національний стандарт на засіб індивідуального захисту
Одяг: - FF1 - FF2 - FF3 - FF4, FF5 - тепловідбивний  - робочий одяг	ISO 16073-3:2019 ISO 18639-3:2018 ISO/FDIS 24588:2023 ISO 11999-3:2015 ISO 15538:2001  ISO 21942:2019	ДСТУ EN ISO 15384:2022 ДСТУ EN 16689:2022 ДСТУ EN 943-2:2022 ДСТУ EN 469:2022 ДСТУ ISO 15538:2019 ДСТУ EN 1486:2010
Рукавички: - FF1 - FF2 - FF3 - FF4, FF5	ISO 16073-4:2019 ISO 18639-4:2018 ISO/FDIS 24588:2023 ISO 11999-4:2015	ДСТУ EN 659:2017 ДСТУ EN 659:2017 ДСТУ EN 421:2017 ДСТУ EN 659:2017

Каска: - FF1 - FF2 - FF3 - FF4, FF5	ISO 16073-5:2019 ISO 18639-5:2018 ISO/FDIS 24588:2023 ISO 11999-5:2015	ДСТУ EN 16471:2022 ДСТУ EN 16473:2017  ДСТУ EN 443:2017
Взуття: - FF1 - FF2 - FF3 - FF4, FF5	ISO 16073-6:2021 ISO 18639-6:2018 ISO/FDIS 24588:2023 ISO 11999-6:2016	ДСТУ EN 15090:2017 ДСТУ EN 15090:2017 ДСТУ EN 13832-1:2019 ДСТУ EN 15090:2017
Забрало: - FF1 - FF2 - FF3 - FF4, FF5	ISO 16073-7:2019 ISO 18639-5:2018 ISO/FDIS 24588:2023 ISO 11999-1:2015	ДСТУ EN 14458:2019 ДСТУ EN 14458:2019  ДСТУ EN 14458:2019
Протишумові навушники та беруші: - FF1 - FF2 - FF3 - FF4, FF5	ISO 16073-8:2019 ISO 18639-5:2018 ISO/FDIS 24588:2023 ISO 11999-1:2015	ДСТУ EN 352-1:2022 ДСТУ EN 352-2:2022 ДСТУ EN 352-3:2022
Підкашник: - FF1 - FF2 - FF3 - FF4, FF5	ISO 16073-9:2020 ISO 18639-5:2018 ISO/FDIS 24588:2023 ISO 11999-9:2016	ДСТУ EN 13911:2022
Засоби індивідуального захисту органів дихання: - FF1, FF2 (фільтрувальні, автономні) - FF3 (автономні) - FF4, FF5	ISO 17420-5:2021 ISO 17420-2:2021 ISO 17420-4:2021 ISO 17420-4:2021 ISO/TS 17420-9:2021 ISO 17420-4:2021	ДСТУ EN 136:2003 ДСТУ EN 137:2017

Положення міжнародних стандартів, зазначених у таблиці 1, потребують вивчення задля вирішення питання щодо впровадження їх у національні стандарти України.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ISO 17420-5:2021. Respiratory protective devices – Performance requirements – Part 5: Special application fire and rescue services – Supplied breathable gas RPD and filtering RPD
2. ISO 16073-1:2019. Wildland firefighting personal protective equipment – Requirements and test methods – Part 1: General
3. ISO/FDIS 24588:2023. Protective clothing – Personal protective ensembles for use against chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) agents – Classification, performance requirements and test methods
4. ISO 11999-1:2015. PPE for firefighters – Test methods and requirements for PPE used by firefighters who are at risk of exposure to high levels of heat and/or flame while fighting fires occurring in structures – Part 1: General
5. ISO 15538:2001. Protective clothing for firefighters – Laboratory test methods and performance requirements for protective clothing with a reflective outer surface

## ДО ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ ЦІННОСТЕЙ, ВРЯТОВАНИХ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

*Климаць Р.В., к.т.н.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Державна служба України з надзвичайних ситуацій відповідно до ст. 131 *Кодексу цивільного захисту України* [1], *Порядку обліку пожеж та їх наслідків* [2] і покладених на неї функцій з метою проведення аналізу причин та умов виникнення пожеж, визначення витрат на їх гасіння, оцінки стану пожежної безпеки населених пунктів та об'єктів, прогнозування ситуації та розроблення превентивних заходів для недопущення пожеж та загибелі чи травмування людей, запобігання знищенню матеріальних цінностей (майна) та захисту від пожеж довкілля, створення умов для гасіння пожеж, здійснює єдиний облік пожеж.

Узагальнені статистичні дані про пожежі та їх наслідки в Україні за останні п'ять років свідчать, що пожежно-рятувальними підрозділами територіальних органів ДСНС під час гасіння пожеж врятовано матеріальних цінностей і збережено майна громадян на суму понад 40 млрд. гривень.

Метою цієї роботи є висвітлення проблематики визначення вартості матеріальних цінностей, врятованих пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж.

В українському законодавстві закріплено право потерпілої особи вимагати компенсації за нанесення матеріальної шкоди його майну. Компенсація виплачується незалежно від того, навмисно було завдано збитків чи з необережності. Особи, майно яких було пошкоджено або знищено через неправомірність дій інших осіб, мають право на відшкодування матеріальної шкоди. Така шкода визначається в грошовому еквіваленті. Але при розгляді таких спорів позивач зобов'язаний підтвердити факт пошкодження або знищення майна й обґрунтувати свої матеріальні вимоги. Найпоширенішими видами пошкодження або знищення нерухомого майна є залиття водою або термічний вплив (вогнем).

Пунктом 14 *Порядку обліку пожеж та їх наслідків* [2] визначено, що органи державної влади, органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання, інші юридичні та фізичні особи зобов'язані впродовж 10 діб із моменту ліквідації пожежі подавати територіальному органу ДСНС документи про суму прямих та побічних збитків, завданих пожежею, та суму врятованих матеріальних цінностей.

У розділі IV §2 *Інструкції по роботі з Карточкою обліку пожежі*, затвердженої наказом ДСНС від 16.08.2017 № 445 «Про забезпечення ведення обліку пожеж та їх наслідків» [3], вказується, що у позиції 46 *Картки обліку пожежі* записується обсяг врятованих матеріальних цінностей, визначених у «тис. грн».

Прийнятий наказом Національного органу стандартизації (ДП «УкрНДНЦ») від 21.06.2022 № 100 національний стандарт України ДСТУ ISO/TS 17755-2:2022 (ISO/TS 17755-2:2020, IDT) *Пожежна безпека. Збирання статистичних даних. Частина 2. Словник термінів* [4], що набув чинності з 01 січня 2023 року, визначає термін «позитивна статистика пожеж», прикладом якої може бути кількість порятунку людей, майна, товарів або територій, врятованих від пожежі.

На сьогодні, *Порядок обліку пожеж та їх наслідків* [2] встановлює лише порядок визначення прямих і побічних збитків, завданих пожежею, що підрозділами

територіальних органів ДСНС реалізується за «Методичними рекомендаціями щодо визначення збитків від пожеж» [5], затверджених Держтехногенбезпеки 10.12.2012.

В Україні відсутні нормативні документи, що визначали б механізми визначення вартості матеріальних цінностей, врятованих пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж.

Існує проблематика в оцінюванні врятованих на пожежах матеріальних цінностей [6]. Не вирішено питання: за якими критеріями й яким чином необхідно оцінювати врятовані матеріальні цінності та ефективність роботи пожежно-рятувальних підрозділів? Практика забезпечення ведення статистичної звітності про стан із пожежами та їх наслідками вказує на різні підходи в оцінюванні врятованих матеріальних цінностей у підрозділах ДСНС різних областей України, що дозволяє зробити висновок щодо необхідності розроблення єдиного підходу до оцінювання врятованих матеріальних цінностей в грошовому еквіваленті та відповідної методики розрахунку.

Тож, розроблення окремої методики визначення вартості матеріальних цінностей, врятованих пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж, що встановлюватиме єдиний механізм до їх оцінювання, є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого сприятиме ефективному управлінню ресурсами та визначенню результативності рятувальних операцій.

Проведення таких досліджень також обумовлено потребою в удосконаленні практичної діяльності підрозділів територіальних органів ДСНС при визначенні вартості матеріальних цінностей, врятованих пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж. У цілому, робота направлена на вирішення проблеми вдосконалення національної нормативної бази щодо збирання статистичних даних про пожежі в Україні в частині забезпечення достовірного обліку матеріальних цінностей і майна громадян, врятованих пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 р. № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2013, № 34-35, ст. 458.
2. Про затвердження Порядку обліку пожеж та їх наслідків: Постанова Кабінету Міністрів України від 26 грудня 2003 р. № 2030. Офіційний вісник України, 2003, № 52, ст. 2802 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 07 квітня 2023 р. № 313. Офіційний вісник України, 2023, № 40, ст. 2165).
3. Про забезпечення ведення обліку пожеж та їх наслідків: наказ ДСНС від 16 серпня 2017 р. № 445. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Nakazi/66412.html>
4. Національний стандарт України ДСТУ ISO/TS 17755-2:2022 (ISO/TS 17755-2:2020, IDT) Пожежна безпека. Збирання статистичних даних. Частина 2. Словник термінів. Чинний від 2023-01-01. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2023. 18 с.
5. «Методичні рекомендації щодо визначення збитків від пожеж», затверджені Головою Державної інспекції техногенної безпеки України 10.12.2012. К.: Держтехногенбезпеки, 2012. 16 с.
6. Матвійчук Д.Я., Несенюк Л.П. Проблема підрахунку врятованих матеріальних цінностей під час гасіння пожеж. Пожежна та техногенна безпека. К.: № 11 (62). 2018. С. 32–33.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТЕСТУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ НА МОБІЛЬНОМУ ТРЕНУВАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ

*Лазаренко О.В., к.т.н., доцент*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

З початком повномасштабного вторгнення в Україну працівники ДСНС України працюють на межі своїх фізичних можливостей. Саме тому постійне тренування та підготовка особового складу (газодимозахисників) до дій за призначенням в умовах наближених до реальних, є одним з ключових показників. Впродовж 2022 року з використанням мобільного тренувального комплексу було проведено тестування рівня фізичної витривалості та показників життєзабезпечення газодимозахисників різних гарнізонів України.

Мобільний тренувальний комплекс передбачає виконання газодимозахисником низки фізичних вправ в апараті на стисненому повітрі (АСП) та захисному одязі і спорядженні. Газодимозахисник після включення в АСП та фіксації першочергових показників розпочинає почергове виконання вправ на тренажерах нескінченна драбина, велоергометр, бігова доріжка, вертикальна тяга (Етап 1). Початок виконання кожної вправи фіксується електромагнітним ключем. Програмне забезпечення тренажеру самостійно сигналізує про необхідність завершення виконання вправи на кожному з тренажерів при досягненні необхідного рівня навантаження. Після виконання першого етапу газодимозахисник переходить до проходження стежки-лабіринту з задимленням тасвітловими та шумовими ефектами (Етап2). Початок виконання другого етапу та його завершення аналогічно фіксується електромагнітним ключем.

По закінченню всіх етапів тестування, оператором фіксується кінцевий тиск в апараті і вправа вважається закінчено. Після виконання тестування загальні показники частоти серцевих скорочень (ЧСС) газодимозахисника та інші данні можна роздрукувати у формі розгорнутого звіту формату pdf. Слід зазначити, що максимально допустима ЧСС на тренажері це 200 уд/хв для газодимозахисника віком до 30 років. Вважається, що якщо показник ЧСС перейшов червону межу в 200 то газодимозахисник тестування не склав.

Загалом в тестуванні прийняло участь 544 газодимозахисники.

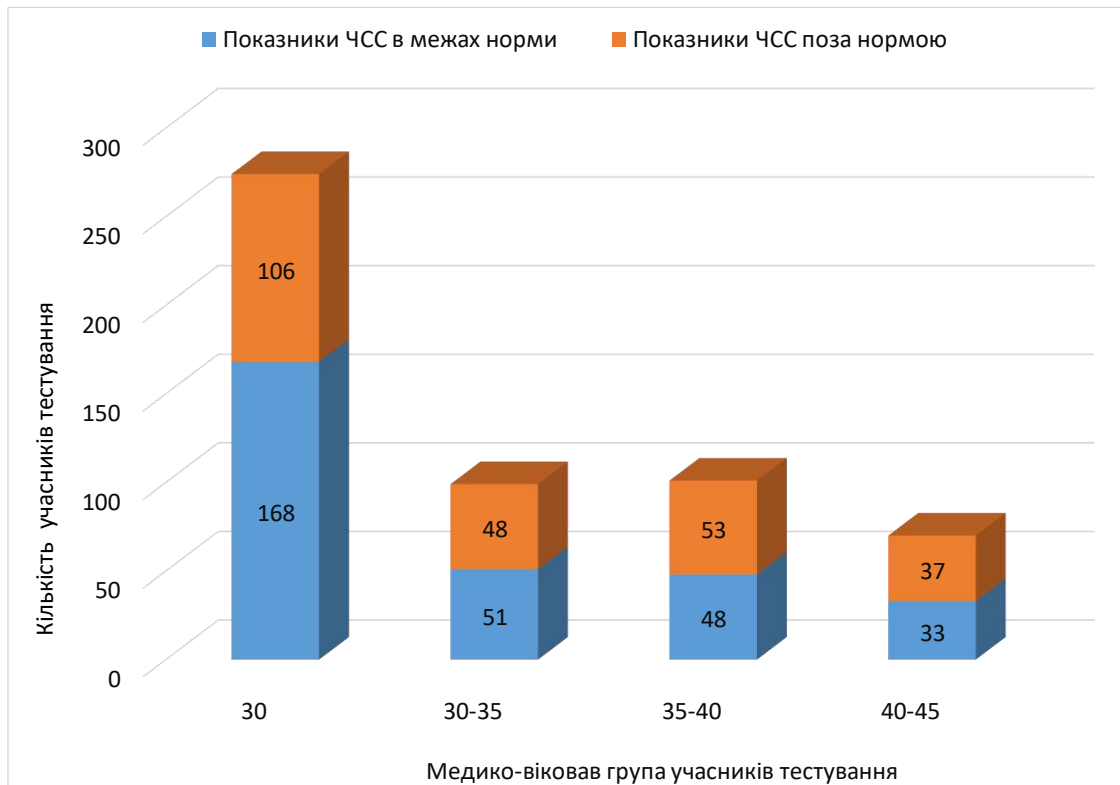
В таблиці 1 наведені усередненні показники за результатами виконання тестування.

**Таблиця 1. Усередненні показники результатів виконання тестування  
газодимозахисниками на мобільному тренувальному комплексі**

Медико-вікова група	ЧСС, уд/хв	Час на виконання вправи, хв	Витрата Повітря, л
До 30 років	162	14	1114
30-35	155	14	1162
35-40	152	15	1248
40-45	144	14	1187

Результати виконання тестування також показали, що залежно від медико-вікової групи учасника тестування показники частоти серцевих скорочень (ЧСС) в кожній із

груп перевищували допустимий рівень. Зведений аналіз показників ЧСС учасників тестування представлений на рис 1.



**Рис. 1. Розподіл учасників тестування у відповідності до медико-вікової групи та показниками частоти серцевих скорочень.**

З наведеного вище рис. 1. один можна зробити висновок, що переважна більшість газодимозахисників в гарнізонах ДСНС України це люди у віці до 30 років. Однак показники ЧСС під час виконання тестування (всіх медико-вікових груп) знаходяться поза нормою в 30–50 % учасників, що говорить про їх недостатній рівень підготовки та тренувань в умовах макисмально наближених до реальних.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МВС України від 25.09.2023 №780 «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».

2. Луц В.І., Лазаренко О.В., Наливайко М.А., Сукач Р.Ю. Аналіз підготовки газодимозахисників ДСНС України в теплодимокмері та димокмерях. Пожежна безпека. 2013. № 23. С. 111–114

3. Кришталь М.А. Особливості ергономічного забезпечення підготовки пожежників: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.09. К., 1997. 149 с.



## ВПЛИВ МАГНЕЗИТУ НА МІЦНІСТЬ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ АЛЮМОСИЛКАТНИХ АДГЕЗИВІВ ДЛЯ ВИРОБІВ ІЗ ДЕРЕВИНИ

*Лацівський В.В., к.т.н., доцент*

*Національний університет водного господарства та природокористування*

В Україні, наразі, існує проблема руйнування будівель та споруд, конструкцій, особливо дерев'яних, в наслідок влучання авіа снарядів та інших вибухових пристроїв. Тому актуальним на сьогодні є їх швидке відновлення за рахунок впровадження як каркасних, так і модульних – збірно-щитових дерев'яних виробів та конструкцій із сировини та матеріалів українського виробництва, що склеєні неорганічними клеями на алюмосилікатній основі [1, 2]. Як показує попередній досвід, такі клеї є екологічно чисті, біостійкі, вогнестійкі та характеризуються достатньо високими показниками як адгезії, так і міцності при згині в зубчастих з'єднаннях [3, 4]. Результати роботи, що представлені, є продовженням попередніх дослідницьких робіт в цьому напрямку [5–7].

У якості алюмосилікатної основи використали достатньо апробовану суспензію виду  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$  [8], в якій, окрім алюмосилікатних цеолітоподібних новоутворень, ще й присутній аморфний  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Цей мікрокремнезем характеризується пружними властивостями та проявляє себе як демпфер, що сприяє гасінню внутрішніх напружень при набуханні та висиханні клейового шву. Враховуючи високу лужність алюмосилікатної суспензії, що може негативно вплинути на адгезійну міцність за рахунок омилення смоли лугом, виникла потреба в підвищенні адгезійних властивостей клеєвого шва. Для вирішення цієї проблеми вибір впав на магнезитовий порошок Ultracarb (LKAB Minerals, Sweden). UltraCarb 1291 уявляє собою ультрадисперсний двофазний порошок: перша – мінерал гансит  $\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$ , що містить (%)  $\text{CaO}$  – 15,42;  $\text{MgO}$  – 34,09;  $\text{CO}_2$  – 48,85 і домішки  $\text{MnO}$ ; друга – гідромагнезит  $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Вибір базувався, насамперед, ймовірністю утворення в структурі алюмосилікатного адгезиву змішаних натрієво-кальцієво-магнієвих гідроалюмосилікатів, що будуть сприяти підвищенню адгезії до дерев'яного підкладу. А присутність оксиду кальцію буде сприяти плавному набору міцності за час тверднення клейового шву. У випадку дії вогню (високих температур) в клеєвому прошарку клеєвому шві в свою чергу, сприятиме додатковій поризації алюмосилікатної основи [9] за рахунок термічного розпаду в діапазоні температур 220 - 700 °C складових UltraCarb.

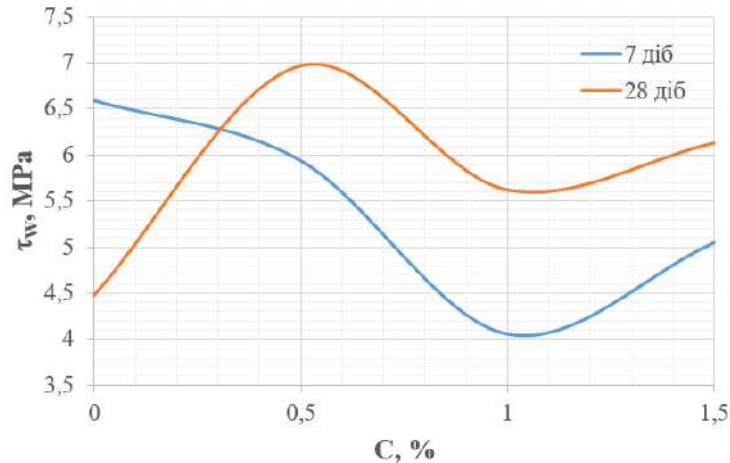
Діапазон міцності на зсув вздовж волокон ( $\tau_w$ ) в МПа розраховували за формулою [5]:

$$\tau_w = \frac{P_{\max}}{b \cdot l} \cdot 0.1, \quad (1)$$

де  $P_{\max}$  – максимальне навантаження (кгс);  $b$  – ширина зразка (см),  $l$  – довжина площини зсуву (см).

Адгезійну міцність визначали в балах методом градчастних надрізів [5].

По результатам випробувань встановлено, що максимальні значення адгезії до дерев'яного підкладу становлять 1 бал при вмісті в складі алюмосилікатного адгезиву UltraCarb в кількості 0,5–1 %. При збільшенні вмісту магнезиту (до 1,5 %), величина адгезії складає 2 бали, що цілком допустимо. Визначено, що на 28 добу тверднення, найбільшу міцність при зсуві вдовж волокон (7 МПа) мають алюмосилікатні адгезиви з 0,5 % магнезиту (див. рис. 1).



**Рис. 1. Вплив концентрацій UltraCarb на кінетику набору міцності клейових з'єднань на основі алюмосилікатного адгезиву.**

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гузій С.Г., Гузій О.І., Юшкевич С.В., Божелко І.К. Дослідження впливу органо-мінеральних модифікаторів на фізичні та реологічні властивості алюмосилікатних адгезивів для склеювання деревини. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2020. № 79. С. 70–77.
2. Guzii, S. (2021). Features of production and application of glued wooden beams in cottage construction. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1164. 012028. Doi: 10.1088/1757-899X/1164/1/012028
3. Гузій С.Г. Дослідження біостійкості алюмосилікатних адгезивів для склеювання деревини. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса: ОДАБА, 2019. Вип. 77. С. 126–134.
4. Гузій С.Г. Визначення розрахункових значень міцності та жорсткості клеєного дерев'яного бруса під час пожежі. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: наук.-техн. зб.* Рівне: НУВГП, 2021. № 39. С. 63–73.
5. Guzii, S. Guzii, O., Lashchivskiy, V. (2021). Investigation of the Rheokinetic Properties and Penetration Depth of Aluminosilicate Adhesive in Pine Wood. *Solid State Phenomena*. 321. 97–103.
6. Krivenko, P., Guzii, S., Bondarenko, O. (2019). Alkaline aluminosilicate binder-based adhesives with increased fire resistance for structural timber elements. *Key Engineering Materials*. 808. 172–176.
7. Krivenko, P., Guzii S., Bondarenko O., Kopylova T. (2019). Study on physico-mechanical properties of the modified alkaline aluminosilicate adhesive-bonded timber elements. *Solid State Phenomena*. 296. 112–117.
8. Кривенко П.В., Гузій С.Г. Вивчення співвідношення оксидів у складі лужного алюмосилікатного зв'язуючого на його модуль пружності. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 2018. Вип. 73. С. 64–72.
9. Гузій С.Г., Кривенко П.В., Кравченко А.В., Манак Я. Дослідження стадійності фазових переходів в'язучої системи складу  $\text{Na}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times 6\text{SiO}_2 \times 20\text{H}_2\text{O}$  в інтервалі температур 150–1050 °С. *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка*. 2013. Вип. 49. С. 13–20.

**ОКРЕМІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ БІНАРНИХ СУМІШЕЙ HFC-125,  
HFC-227ea З АЗОТОМ ДЛЯ ГАСІННЯ ГАЗОВОГО ГОРЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА**

*Ліхнівський Р.В.<sup>1</sup>, к.хім.н., ст. дослідник,*

*Цапко Ю.В.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,*

*Коваленко В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.,*

*Цапко О.Ю.<sup>2</sup>, PhD*

<sup>1</sup>*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,*

<sup>2</sup>*Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

Пожежонебезпека об'єктів, основними елементами яких є замкнені простори з горючим газовим середовищем обумовили проведення досліджень з метою розроблення заходів щодо забезпечення їх захисту від пожеж та вибухів. зокрема з визначення умов флегматизування таких середовищ.

Відомо, що для протипожежного захисту окремих об'єктів комплексно застосовують азот та інгібітори горіння: дифторхлорбромметан (галон 1211), тетрафтордибромметан (хладон 114B2), трифторбромметан (галон 1301). Але, з урахуванням сучасних вимог щодо охорони навколишнього природного середовища, слід враховувати не тільки її вогнегасну ефективність, але й екологічну безпечність флегматизаторів. Тому необхідне розроблення технологій застосування горючих газових середовищ без застосування озоноруйнівних газових вогнегасних речовин групи хладонів.

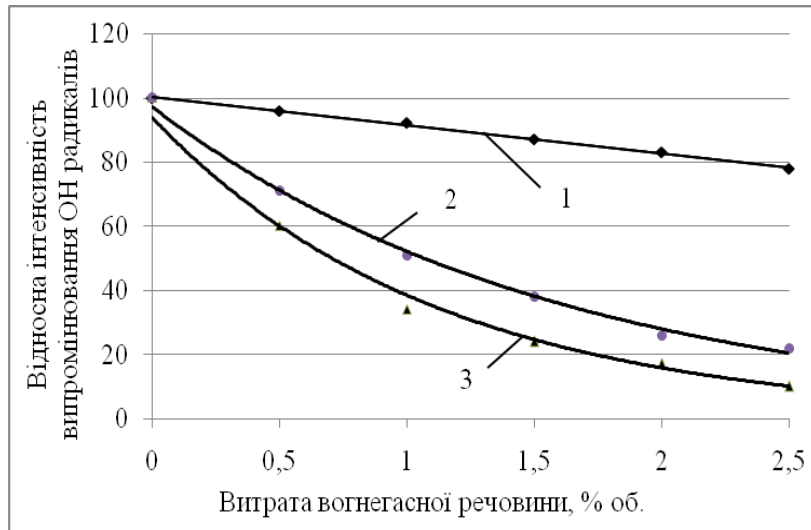
Шляхи розробки індивідуальних газових вогнегасних речовин, які можна виробляти з використанням вітчизняної виробничої та сировинної бази, майже вичерпані, але актуальність цього питання залишається. Альтернативою є застосування комбінації вогнегасних складів, особливо у підвищенні певного фактору гасіння, наприклад, інгібіруванні полум'я.

З метою виявлення впливу на активні радикали полум'я газових вогнегасних речовин таких як пентафторетан (HFC-125) та гептафторпропан (HFC-227ea) та азот були проведені експериментальні дослідження. Робота проводилась на установці по дослідженню інгібіруючих властивостей твердих, рідких та газоподібних речовин. Випромінювання полум'я фіксувалось за допомогою спектрометра СДЛ-1. Для досліджень закономірностей застосування бінарних сумішей вогнегасних речовин для ліквідації горіння використовували установку по визначенню мінімальної вогнегасної концентрації газових вогнегасних речовин [1].

Результати визначення характеристик взаємодії з полум'ям інертних розріджувачів та хладонів наведено на рис. 1.

Отримані залежності показують зменшення інтенсивності випромінювання. При подаванні азоту відбувається розбавлення газоподібних продуктів горіння і відносна інтенсивність випромінювання гідроксильних радикалів знижується до 80 %, навпаки при подаванні пентафторетану (HFC-125) та гептафторпропану (HFC-227ea) проходить процес хімічного інгібування реакції горіння, що приводить до суттєвого зменшення швидкості горіння і, відповідно, інтенсивності випромінювання гідроксильних радикалів понад 4 рази.

Спільна дія інертного розріджувача та інгібітора горіння за різних співвідношень не перевищує значення інтенсивності випромінювання гідроксильних радикалів полум'я самого інгібітора.



**Рис. 1. Залежність відносної інтенсивності випромінювання гідроксильних радикалів від витрати газових вогнегасних речовин, що подаються в полум'я н-гептану: 1 – азот; 2 – пентафторетан (HFC-125); 3 – гептафторпропан (HFC-227ea).**

На основі одержаних результатів експериментальних досліджень з ліквідації осередку пожежі чашкового пальника бінарними сумішами з хладону і інертного розріджувача встановлено, що порівняно незначне розведення повітря азотом призводить до суттєвого зменшення мінімальної вогнегасної концентрації інгібітора горіння. Зокрема, мінімальної вогнегасної концентрації гептафторпропан 227ea для гасіння н-гептану може бути зменшена у 2,0 рази, якщо шляхом додавання азоту знизити концентрацію кисню в повітрі з 20,5 до 19 % об., тобто всього на 7 % відносних.

Таким чином, у міру збільшення додавання інгібітора споживання активних вільних радикалів, таких як радикали водню та гідроксилу, вільними радикалами, що містять фтор, перериває ланцюгову реакцію, пригнічуючи процес реакції горіння, а тому порівняно незначне розведення повітря азотом призводить до суттєвого зменшення вільних радикалів полум'я та зниження кількості інгібітора горіння. Крім того, було визначено, що критичні концентрації двох інгібіторів для горючого середовища з різними об'ємними частками розташовані в порядку зростання інгібуючої здатності наступним чином: гептафторпропан > пентафторетан > азот. Висока інгібуюча здатність гептафторпропана пояснюється більшою кількістю атомів фтору, які вступають в реакцію з активними радикалами полум'я.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Likhnyovskyi, R., Tsapko, Y., Kovalenko, V., Onyshchuk, A. (2023). The Possibility of Using 1301 and 2402 Mixtures of Halons for Fire Extinguishing Purposes. *Key Engineering Materials*. 954. 135–144.

УДК 614.84

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ  
НА МОДЕЛЬНОМУ ВОГНИЩІ ПОЖЕЖІ «8В»**

*Макаренко В.С., ад'юнкт,  
Кіреєв О.О., д.т.н., професор  
Національний університет цивільного захисту України*

Світовий досвід вказує на суттєві труднощі при гасінні пожеж в резервуарах великих розмірів з легкозаймистими рідинами (ЛЗР) [1–2]. Гасіння таких резервуарів потребує залучення великих сил та засобів. Крім того, гасіння таких пожеж вимагає витрату великого часу.

Метою роботи є визначення вогнегасних характеристик систем піноскло + перліт і піноскло + перліт + вода з використанням стандартного модельного вогнища пожежі класу «В» з більшим розміром.



а)



б)



в)



г)

**Рис. 1. Етапи гасіння модельного вогнища пожежі «8В»: а) зменшення висоти полум'я під час подавання ПС; б) зменшення висоти полум'я під час подавання ПС; в) припинення горіння після подавання води; г) дослід на повторне займання.**

В першу чергу різниця в умовах горіння полягає в більшій площі поверхні рідини, що горить, в стандартному модельному вогнищі пожежі «8В» по зрівнянню з вогнищем «2В». Крім того, на інтенсивність горіння сильно впливає висота вільного борту ємності в якій знаходиться рідина. Найбільша інтенсивність горіння спостерігається за малих висот вільного борту. В стандартних модельних вогнищах пожежі класу «В» висота вільного борта обирається з міркувань мінімальної потрібної для забезпечення такої висоти шару піни, щоб вона не виходила за межі верхнього борта дека.

Подавання сипких вогнегасних речовин на поверхню рідини потребує розробки відповідних засобів. Для подавання гранульованого ПС було використано повітряний ежекційний апарат, який був запропоновано в роботі [3]. Після формування шару ПС на поверхні бензину здійснювалось подавання перліту до моменту коли локальна висота полум'я не перевищувала 10 см. Далі проводилось подавання води до моменту припинення горіння. Після цього подавалась такий самий час додаткова кількість води. Тобто загальна кількість води, що подана була в два рази більше ніж кількість води витраченої на момент припинення горіння. Така технологія гасіння була обґрунтована в роботах [4–5].

Візуальне спостереження гасіння модельного вогнища пожежі «8В» вказує на те, що пневматичне подавання перліту забезпечує заповнення порожнин між гранулами ПС. Тільки невелика частина гранул перліту утримується на верхній поверхні гранул ПС. Результати проведених досліджень з гасіння стандартного модельного вогнища пожежі «8В» також підтверджують висновки наведені в роботі, що змочування шару перліту водою забезпечує покращення ізолюючих властивостей сухого перліту. Крім цього, вода збільшує охолоджуючий ефект шару перліту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Campbell, R. (2014). Fires at Outside Storage Tanks. National fire protection association. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Building-and-life-safety/osflammableor Combustible LiquidtankStorage Facilities.ashx>
2. Hylton, J.G., Stein, G.P. (2017). U.S. Fire Department Profile. National Fire Protection Association. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics/Fire-service/osfdprofile.pdf>
3. Дадашов І.Ф., Кіреєв О.О., Трегубов Д.Г., Тарахно О.В. Гасіння горючих рідин твердими пористими матеріалами та гелеутворюючими системами. Харків. 2021. 240 с.
4. 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. Doi: <https://doi.org/10.4028/p-6v6dmx>
5. Макаренко В.С., Кіреєв О.О., Чиркіна-Харламова М.А., Мінська Н.В., Шаршанов А.Я. Дослідження гасіння модельного вогнища пожежі класу «В» сипкими матеріалами. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. Вип. 2(38). С. 281–296. Doi: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-38-19>

## ПОТЕНЦІЙНО ЕФЕКТИВНИЙ ПІДХІД ДО ВИЯВЛЕННЯ МІННИХ ПОЛІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ГАММА- ВИПРОМІНЮВАННЯ

*Машиністов В.Є., к.т.н., доцент,*

*Балакін В.Ф., д.т.н, професор,*

*Николаєнко Ю.М.,*

*Соловійова І.А., к.т.н., доцент*

*Український державний університет науки і технологій*

По даним Державної служби України з надзвичайних ситуацій сьогодні наша держава перша у світі за площею замінованих територій. Потенційно небезпечними для життя і господарювання є 30 % території України (174 тис. кв.м.). Взагалі проблема розмінування великих територій надзвичайно актуальна для всього людства. Відомі способи виявлення мін, що базуються на фіксації змін характеристик шару ґрунту (магнітних, електростатичних, теплових та інших), в якому знаходиться міна, складні, трудомісткі, мають невисокий темп пошуку і, головне, недостатньо надійні та безпечні.

Співробітниками Українського Державного університету науки і технологій запропоновано потенційно ефективний підхід до виявлення мінних полів, що базується на використанні гамма- випромінювання. Відповідна заявка на винахід за номером №13070/ЗУ/23 від 18.12.2023 подана до Державної організації «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій».

З метою забезпечення надійного і швидкого виявлення мін під поверхнею землі пропонується технічне рішення, що базується на опроміненні ділянки території, яка досліджується на предмет наявності мін, гамма- випромінюванням. Це електромагнітне коливання, яке випромінюється ядрами атомів при їх радіоактивних перетвореннях у вигляді високоенергетичних квантів, має високу проникаючу здатність. Зокрема, товщина шару половинного ослаблення гамма-випромінювання в ґрунті складає 10–14 см.

Вся енергія гамма-випромінювання поглинається речовиною, в якій воно поширюється, шляхом іонізації її атомів. Встановлено, що в середньому на один акт іонізації витрачається енергія гамма-випромінювання в 33,85 електрон-Вольт. Саме вказана властивість поширення гамма-випромінювання в речовині створює умови для реалізації способу виявлення мін, що пропонується, причому за допомогою відомих технічних засобів.

Суть підходу, що пропонується, ілюструється за допомогою рис. 1.

Ділянка земної поверхні опромінюється моноенергетичним первинним джерелом гамма-квантами енергією  $E_{\gamma}$ . В результаті багатократної взаємодії з ізотопами речовин ґрунту, в ньому відтворюється вторинне об'ємне джерело гамма-випромінювання великого об'єму, спектр якого є суцільним, від енергії  $E_{\gamma}$  до 0. Вторинне випромінювання, на відміну від первинного, розсіюється рівномірно під кутами  $\theta$  у всіх напрямках, в тому числі і в зворотному ( $\theta=180^{\circ}$ ). Атоми речовини, в якій поширюються гамма-кванти поглинають і, відповідно, випромінюють енергію строго певного значення для кожного із них. Це створює умови для визначення кількісного і якісного хімічного складу даної речовини. Описані процеси відображаються у вигляді спектру енергії розсіяного гамма-випромінювання. Вимірюючи і аналізуючи який можна здійснювати пошук, локалізацію і ідентифікацію об'єктів з відомими фізичними та хімічними властивостями.

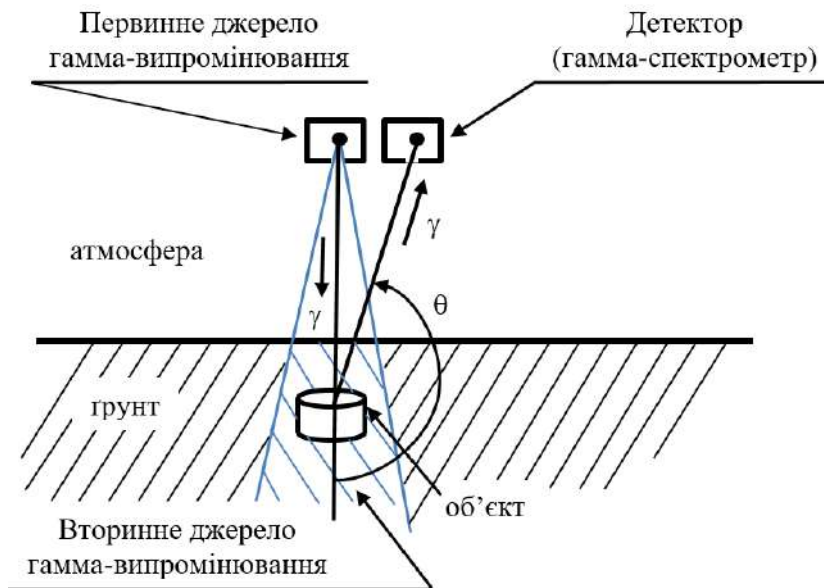


Рис. 1. Геометрія виявлення об'єктів в ґрунті.

Так, коли опромінюється ґрунт, в якому знаходиться об'єкт, наприклад, міна, який має фізико-хімічні характеристики, які відмінні від характеристик навколишнього середовища, то він буде мати суттєво інший спектр гамма-випромінювання, ніж ґрунт. Цю властивість і пропонується використовувати для виявлення мін. Детектор (скануючий гамма-спектрометр) розміщується поряд із первинним джерелом, щоб запобігти попаданню в детектор прямого випромінювання від первинного джерела. Одержаний гамма-спектр зворотного розсіяного сигналу порівнюється із гамма-спектром випромінювання відомих мін, на підставі чого приймається рішення про відсутність або наявності міни на території, що обслуговується.

Оцінки показують, що для створення енергії гамма-випромінювання, достатньої для використання її в якості зондуючого сигналу при пошуку мін, достатньо маси радіонуклідів в декілька десятків міліграм.

Пристрій, в якому може бути реалізований запропонований підхід, складається з двох основних модулів: джерела, що генерує зондує гамма-випромінювання, яке має локальну систему радіаційного захисту, та скануючий гаммавізор, який приймає зворотній сигнал у вигляді спектру іонізуючого випромінювання. На підставі аналізу спектральних характеристик, на яких робиться висновок щодо виявлення та ідентифікації мін. Завдяки скануванню поверхні, що досліджується, з частотою наприклад 50 Гц, створюються умови для отримання одного її енергетичного зображення за час не більш ніж 20 мс.

Оцінки показують, що використання гамма-випромінювання для виявлення мін дозволить досліджувати значні території за відносно невеликий проміжок часу при його прийнятних масогабаритних характеристиках. В цілому пошукові пристрої, які можуть бути розроблені з використанням гамма-випромінювання, можуть повністю відповідати вимогам, які пред'явлені ООН (International Standards for Humanitarian Mine Clearance Operations/-UN-1996).



## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ НА ЗАЛІЗНИЧНУ ЦИСТЕРНУ

*Олійник В.В., к.т.н., доцент,  
Басманов О.Є., д.т.н., професор*

*Національний університет цивільного захисту України*

Значна кількість аварійних ситуацій, що виникають на залізничному транспорті, пов'язана з розливом горючих рідин. Такі ситуації трапляються як при транспортуванні, так і на зливно-наливних естакадах. Особливу небезпеку становить поява джерела запалювання: спалахування розливу і тепловий вплив пожежі на сусідні ємності з горючою рідиною здатні призвести до каскадного розповсюдження пожежі. Тому розробка планів локалізації і ліквідації такого типу пожеж вимагає прийняття рішення щодо захисту сусідніх ємностей від теплового впливу пожежі. Це, в свою чергу, призводить до необхідності визначення теплового впливу пожежі на сусідні ємності з горючими рідинами і розрахунку часу досягнення критичних значень їх температурою [1].

Стінка цистерни може бути умовно поділена на дві частини: суху (яка не контактує з рідиною всередині цистерни) і змочену (яка контактує з рідиною). Саме нагрів сухої частини стінки є найбільш небезпечним, оскільки вона не охолоджується рідиною всередині цистерни і може швидко досягти температури самоспалахування парів горючої рідини. В загальному випадку суха стінка цистерни приймає участь в наступних видах теплообміну:

– зовнішня поверхня стінки цистерни приймає участь в променевому теплообміні з поверхнею факела і навколишнім середовищем, а також конвекційному теплообміні з навколишнім середовищем;

– внутрішня поверхня стінки приймає участь в променевому теплообміні з поверхнею рідини, залитої в цистерну, та іншими точками на внутрішній поверхні стінки, а також в конвекційному теплообміні з пароповітряною сумішшю в газовому просторі цистерни.

Рівняння теплопровідності в циліндрі має вигляд

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right), \quad 0 < x < L, \quad 0 < r < R, \quad 0 < \varphi < 2\pi, \quad (1)$$

де  $T(r, \varphi, z)$  – температура;  $a$  – коефіцієнт температуропровідності;  $L$  – довжина цистерни;  $R$  – її радіус;  $r^2 = x^2 + z^2$ ; полярний кут  $\varphi$  відкладається від осі  $OY$  в напрямку осі  $OZ$  (рис. 1);

$$a = \frac{\lambda_c}{c_c \rho_c};$$

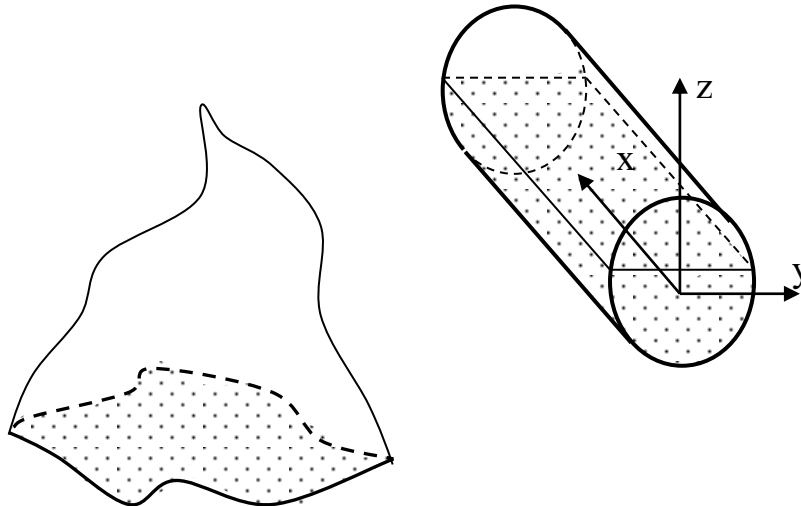
$\lambda_c$ ,  $c_c$ ,  $\rho_c$  – коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт теплоємності та густина сталі відповідно.

Типова товщина стінки залізничної цистерни складає 10-12 мм. Разом з високим значенням теплопровідності сталі (45,4 Вт/(м·К)) це дозволяє вважати розподіл по товщині стінки рівномірним. Це означає, що для стінки циліндра виконується умова

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0,$$

а для основ циліндра

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0.$$



**Рис. 1. Вибір системи координат при моделюванні нагріву поверхні цистерни.**

Тоді рівняння (1) з урахуванням теплообміну за навколишнім середовищем і внутрішнім простором цистерни набуває вигляду

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; \quad 0 < x < L; \quad 0 < \varphi < 2\pi; \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta}; \quad 0 < r < R; \quad 0 < \varphi < 2\pi, \quad (3)$$

де  $q$  – щільність теплового потоку, що припадає на дану точку поверхні цистерни.

Сумісне розв'язання рівнянь (2)–(3) дозволяє визначити розподіл температур по поверхні цистерни в умовах теплового впливу пожежі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Oliinik, V. (2023). Construction of the stochastic model of thermal radiation from a flammable liquid spill fire. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5(10 (125)). 25–33.

УДК 614.841

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЗАХИСНОЇ ДІЇ АПАРАТУ НА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ ПРИ ВИКОНАННІ ОПЕРАТИВНОГО ЗАВДАННЯ ЛАНКОЮ ГДЗС

*Панчишин Ю.І.*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Прийнятий 25 вересня 2023 Наказ МВС України №780 визначає «Порядок організації газодимозахисної служби ДСНС України...» [1], однак незважаючи на оновлення та ґрунтовний опис норм в даному документі, здійснення розрахунку часу захисної дії апарату (далі – АСП) здійснюється без врахування об'єму балону АСП та ступеню навантаження, тобто умов праці, при виконанні оперативного завдання ланкою газодимозахисної служби (далі – ланка ГДЗС). Згідно технічних характеристик АСП закордонних виробників, які знаходяться в оперативному розрахунку в пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України, знаємо, що при здійсненні розрахунку часу захисної дії продуктивність легеневих автоматів АСП приймається на рівні 40 л/хв, що обумовлено дослідженнями та стандартами [2].

Відповідно, легеневу вентиляцію при легкому, середньому, важкому та дуже важкому ступенях навантаження можна приймати на рівні 20, 40, 60 та 80 л/хв. Але слід врахувати практичну складову роботи ланок ГДЗС на пожежах чи надзвичайних ситуаціях (далі – НС), а саме те, що ланка ГДЗС працює здебільшого в умовах середнього і важкого навантаження [2], як це відображено на рисунку 1.



**Рис. 1. Діаграма навантаження на газодимозахисника під час роботи на пожежі.**

На основі вище наведених даних пропонується здійснювати розрахунок часу захисної дії АСП при середньому ступені навантаженні (40 л/хв.) та при важкому ступені навантаження (80 л/хв.). Розрахунок часу захисної дії АСП здійснювати за наступною формулою 1.

$$\tau_{\text{зах.дії}} = \frac{N_{\text{бал}} \cdot V_{\text{бал}} \cdot P_{\text{роб}}}{Q_{\text{витр}}^* \cdot P_{\text{атм}}} \quad (1)$$

де:  $\tau_{\text{зах.дії}}$  – тау, розрахунковий час захисної дії АСП;

$Q_{\text{витр}}^*$  – витрата повітря газодимозахисником залежно від ступеня навантаження:

40 л/хв – середні умови роботи, 80 л/хв – важкі умови роботи;

$V_{бал}$  – об’єм балона АСП, л;

$N_{бал}$  – кількість балонів в АСП, на випадок апаратів з двома балонами;

$P_{атм.}$  – атмосферний тиск, приймається 1 bar.

$P_{роб.}$  – розрахунковий тиск роботи ланки ГДЗС який можна затратити на роботу в НДС, bar.

Наприклад, якщо за вище запропонованою формулою здійснити розрахунок часу захисної дії ланки ГДЗС яка виконує оперативне завдання з середнім і важким ступенями навантаження в АСП «Drager» з балонами повітря (6л, 6,8л, 7л, 8л) та максимальним робочим тиском 300 bar отримаємо наступні результати які відображені в таблиці 1.

**Таблиця 1. Розрахунок часу захисної дії ланки ГДЗС**

Об’єм балону (л)	Середнє навантаження	Час захисної дії	Важке навантаження	Час захисної дії
6	40 л/хв.	45 хв.	80 л/хв.	22 хв.
6,8		51 хв.		25 хв.
7		52 хв.		26 хв.
8		60 хв.		30 хв.

Отже можна зробити висновок, що час захисної дії АСП значною мірою залежить від об’єму повітря балону та ступеню навантаження при виконанні оперативного завдання ланкою ГДЗС, а також слід зазначити, що під час гасіння пожеж чи ліквідації наслідків НС кожна хвилина надзвичайно важлива, так як людське життя безцінне.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МВС України № 780 від 25.09.2023 р. «Про затвердження порядку організації роботи органів управління та підрозділів, закладів освіти системи ДСНС...». URL: [https://zakononline.com.ua/documents/show/523661\\_\\_762649](https://zakononline.com.ua/documents/show/523661__762649)

2. Луц В.І, Панчишин Ю.І., Дослідження навантаження на газодимозахисника під час проведення змагання на кращу ланку газодимозахисної служби. Пожежна безпека: Збірник наукових праць ЛДУБЖД, 2023. № 43. С. 88–98. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/12543>

**ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ КЕРІВНИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ПРИ ВИБОРІ ВАРІАНТУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ**

*Рудаков С.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Ведмідь А.В.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області*

Щорічні збитки, завдані пожежами суспільству та економіці є значними, що потребує необхідність пошуку науково обґрунтованих шляхів їх зниження. Планування дій пожежних підрозділів і прийняття управлінських рішень є основними етапами процесу управління з організацією гасіння пожеж. Статистичний аналіз пожеж підтверджує необхідність більше детального дослідження пожеж в житлових будинках, як причин найбільших матеріальних збитків, загибелі людей та особового складу пожежних підрозділів. Ефективність управління пожежниками підрозділами при веденні оперативних дій з гасіння пожеж у житлових будинках забезпечується наявністю науково обґрунтованих методів і алгоритмів підтримки прийняття рішень керівника гасіння пожежі (КГП). Це підтверджує необхідність підвищення ефективності управління пожежними підрозділами при плануванні та відпрацюванні оперативних дій для зменшення пожежної небезпеки. Важливим кроком є усунення пожежі і місць займання в найкоротший термін, а також підвищення ефективності процесу підтримки управління пожежникам підрозділом. Ефективність підтримки управління пожежним підрозділом оцінюють за показниками оперативного реагування, до яких відносять тимчасові показники прибуття на пожежу, її локалізації, гасіння і ліквідації наслідків. Помилки, допустимі КГП при прийнятті їм рішень, негативно впливають на ефективність оперативних дій щодо гасіння пожежі. Таким чином, для підвищення ефективності процесу підтримки управління на пожежі, необхідно мінімізувати можливі помилки при прийнятті рішень КГП.

В силу високою соціальної і державної значимості підвищення ефективності роботи служб пожежогасіння, виникає необхідність проведення аналізу найбільш типових помилок, які виникають при пожежогасінні. Найбільш типовими помилками у процесі проведення оперативних дій під час гасіння пожежі виступають: неефективне використання пожежної техніки та обладнання, помилковий вибір вирішального напрямку, неякісно проведена розвідка.

Розробка нових моделей та алгоритмів підтримки прийняття рішень КГП при плануванні оперативних дій по гасіння пожежі в житлових будинках дозволить підвищити обґрунтованість прийнятих ним рішень, зменшить частку помилок, тим самим підвищить ефективність управління веденням оперативних дій по локалізації та ліквідації пожежі.

Проаналізуємо процес прийняття рішень КГП при плануванні і відпрацювання оперативних дій із гасіння пожежі.

Процес прийняття рішення в класичному розумінні складається з трьох етапів. Перший етап включає збирання та обробку інформації, на другому етапі генеруються можливі альтернативи, а на третьому етапі відбувається ухвалення остаточного рішення. Остаточне рішення - це альтернатива з найбільш сприятливими загальними наслідками. Керуюча підсистема, якою є КГП, надає керуючий вплив у вигляді команд (сигналів) на ресурси пожежних підрозділів на місці пожежі (об'єкт управління). У системі управління важливу роль відіграє зворотний зв'язок (звіт про реалізацію керуючого

впливу). У практичній діяльності пожежних підрозділів практичну значимість має винятково розумний вибір.

Сучасна наука виділяє два найбільш перспективних підходу до прийняття рішень: нормативний та прескриптивний. Відмінність даних підходів більшою мірою полягає в орієнтації на певний рівень інтелекту та мислення людини, яка приймає рішення. Найбільш плідним став прескриптивний підхід, який показує дії людині, що володіє нормальним інтелектом і готового до систематизованого обмірковування рішення конкретного, поставленого перед ним завдання. Такий підхід не гарантує знаходження найкращої альтернативи, але забезпечує вибір рішення вільного від протиріч і непослідовностей.

Підтримка прийняття рішень – сукупність формалізованих процедур рішення завдань управління, які виникають в процесі функціонування системи управління. Дані процедури спрямовані на досягнення основної цілі системи управління.

В залежності від обсягів, змісту завдань управління, а також специфіки взаємодії керуючої та керованої підсистем при гасінні пожежі виділимо основні напрямки формалізації процесу управління. Перший напрямок – індивідуальне ухвалення рішення. Процес управління реалізується єдиним посадовцем керуючої підсистеми (КГП). За такої структури управління необхідно передбачити формалізацію завдань збору, обробки і відображення необхідною для оперативного прийняття отриманої інформації. Даний напрямок характеризується врахуванням результатів планування оперативних дій з гасіння пожежі, допускає можливість передачі (делегування) повноважень по управлінню прибуваючим до місця пожежі посадовим особам. Особливостями методів першого напрямку є чіткість формалізації, обмеження за часом реалізації. У зв'язку з цим їх застосування в процесі гасіння пожежі повинно бути суворо регламентовано, а також розроблені методичні рекомендації по застосування даних методів. Методи першого напрямку є більш пріоритетними по важливості, чим методи другого напрямку.

Друге напрямок - групове (колективне) прийняття рішення. Методи підтримки прийняття рішення передбачають наявність кількох взаємодіючих посадових осіб у підсистемі, яка управляє. З організаційної точки зору методи підтримки прийняття рішень, які створені в рамках даного напрямку, є складнішими, ніж методи першого напрямку. Це викликано великим обсягом завдань керування. У зв'язку з тим, що прогнозування можливої обстановки при гасінні пожежі фактично зводиться до формуванню гіпотез щодо ймовірної наявності факторів ризику при ведення оперативних дій. Особливістю підтримки управління в даному випадку є забезпечення взаємодії посадових осіб у процесі ухвалення рішення. Основним недоліком методів другого напрямку є низька оперативність щодо прийняття конкретного рішення.

Таким чином, прийняття рішень КГП відбувається в умовах невизначеності, швидкої зміни факторів зовнішнього середовища та багатокритеріального вибору та найбільш важливим етапом є вибір найкращою альтернативи. З обліком вимог, пред'явлених до методів, моделей і алгоритмів підтримки прийняття рішень при управлінні силами та засобами на пожежі (можливість рішення багатокритеріальних завдань в умовах визначеності і невизначеності, в чіткому та нечіткому середовищі, врахування структури переваги КГП) доцільно використовувати методи теорії корисності.

## ЗМІСТ ДАНИХ ОПЕРАТИВНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ПОЖЕЖІ ТА ВИМОГИ ЩОДО НИХ ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ

*Сенчихін Ю.М.<sup>1</sup>, к.т.н., професор,  
Дендаренко Ю.Ю.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

Гасіння пожежі являє собою процес, що вимагає постійного глибокого вивчення обстановки на пожежі керівником гасіння пожежі (КГП) та посадовими особами Штабу, оскільки без цього не можна розраховувати на ефективне застосування засобів ліквідації горіння, а отже, і на успіх гасіння пожежі [1].

Для прийняття рішення та здійснення на його основі заходів з управління пожежно-рятувальними підрозділами (ПРП) під час гасіння пожежі КГП та посадовим особам Штабу на пожежі необхідно мати, оцінити та врахувати різні дані обстановки. При всьому різноманітті ці дані групуються за складовими елементами оперативної обстановки (рис.1).



**Рис. 1. Основні елементи оперативної обстановки під час гасіння пожеж.**

Будь-якому КГП та Штабу необхідно знати оптимальну кількість достовірних відомостей та даних про пожежу. На основі всіх цих даних враховуються тактичні можливості сил і засобів, що прибули, визначається тактичний задум гасіння пожежі [2].

Однак у всіх випадках КГП повинні враховувати, що інформацію про пожежу часом буває важко отримати. Тому зайвих відомостей про пожежу, як правило, не буває, навпаки, завжди бракує, а від КГП та посадових осіб Штабу потрібне вміння за наявними уривчастими даними зробити правильні висновки про характер розвитку пожежі.

Підрозділи що прибули на пожежу вивчаються КГП та Штабом за різними показниками, такими, як можливість виконання різних завдань, боєздатність, у тому числі їх укомплектованість, наявність та стан пожежно-рятувальної техніки, моральний стан особового складу, можливість підвезення матеріальних засобів та ін. Одночасно з вивченням цих даних проводиться розрахунок кількісного та якісного складу сил і засобів, встановлюється можливість виконання ними отриманого завдання у встановлений термін, визначається, яке необхідно провести перегрупування, проводиться розрахунок часу для цього, визначаються тактичні можливості підрозділів щодо застосування засобів гасіння, організації рятувальних робіт, а також намічаються

заходи щодо підвищення цих можливостей.

Взаємодіючі органи вивчаються так, щоб у результаті визначити, якою мірою їх становище, стан і характер дій сприяють виконанню основного оперативного завдання. У процесі їх вивчення з'ясовується: де вони знаходяться, зміст їх завдань та прийнятих за ними рішень, а також можливості виконання та умови взаємодії.

Гідрометеорологічні умови вивчаються так, щоб визначити, якою мірою стан і прогноз погоди, сила та напрямок панівних вітрів, опади, режим водойм і т.д. впливають на виконання завдань з гасіння пожежі.

Пора року та доби вивчається також з погляду їхнього впливу на оперативні дії ПРП та визначення заходів, які треба провести для зменшення їхнього негативного впливу. Так, при діях взимку враховується додатковий час на прямування до місця пожежі, намічаються заходи щодо підвищення прохідності пожежно-рятувальної техніки, проти обмороження особового складу, що забезпечує подавання води по рукавних лініях. При вивченні часу доби, перш за все, визначається тривалість дня і ночі та намічаються конкретні заходи щодо переходу від денних дій до нічних та назад. При діях вночі, крім того, намічаються заходи щодо освітлення місцевості, дотримання заходів та правил безпеки праці особовим складом, який бере участь у гасінні пожежі.

Ось такі елементи та складові їх дані обстановки, що вивчаються та враховуються КГП та посадовими особами Штабу при управлінні ПРП під час гасіння пожеж. Потрібно, однак, зауважити, що з розвитком засобів боротьби з пожежами вони змінюються. Але при всьому різноманітті елементи обстановки та складові їх дані перебувають у тісному взаємозв'язку та взаємозалежності, і не можна, наприклад, вивчати пожежу, ПРП поза умов місцевості чи часу. Проте вплив різних елементів обстановки на той або інший елемент рішення може бути неоднаковим і навіть протилежним. У практиці нерідко трапляється, наприклад, так, що за умовами місцевості вирішальний напрямок гасіння вигідно мати в одному місці, а за характером розвитку пожежі – в іншому. Для вирішення подібних протиріч першорядне значення набуває мистецтво КГП, його аналітичний розум, тактичне мислення, здатність знайти головне, що визначає обстановка і прийняти найбільш доцільне рішення [3]. Важливо враховувати й інше, що відомості, що добуваються, повинні відповідати ряду вимог, найважливішими з яких є: своєчасність їх отримання, повнота, достовірність і точність.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С. та ін. Пожежна тактика. Х.: Основа, 1998. 592 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1192>
2. Довідник керівника гасіння пожежі. Київ: ТОВ «Література-Друк», 2016. 320 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/9477>
3. Сенчихін Ю.М., Остапов К.М. Удосконалення змісту управлінської діяльності керівника гасіння пожежі. Суб'єкти забезпечення цивільного захисту (регіонального та місцевого рівня) в реалізації завдань із запобігання та ліквідації наслідків НС: матеріали круглого столу. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 93–94. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12983>



## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНОЇ МЕТОДИКИ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ ГУМАНІТАРНОГО ПІДВОДНОГО РОЗМІНУВАННЯ

*Соловійов П.І.<sup>1</sup>,*

*Стрілець В.М.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,*

*Стрілець В.В.<sup>3</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Херсонській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

*<sup>3</sup>Гуманітарна міжнародна організація The Halo Trust*

Аналіз особливостей підводного розмінування в провідних країнах світу показав: якщо до недавнього часу ексклюзивним досвідом у знищенні підводних вибухонебезпечних предметів володіли національні збройні сили, то сьогодні ці небезпеки разом з ними усувають різні типи (комерційні компанії, неурядові організації, команди центральних та місцевих органів влади тощо) організацій, які вимагають коригування своєї діяльності в додаток до тих навичок, які їм надають під час первинного навчання спеціалізовані підрозділи військово-морського флоту. В Україні для гуманітарного розмінування у територіальних водах і внутрішніх водах країни до глибини 50 м або менше використовуються спеціалізовані піротехнічні підрозділи ДСНС, які укомплектовані для забезпечення діяльності у відповідності до ІМАС 09.60 спеціалістами, що мають фахову підготовку та відповідне спеціалізоване обладнання.

Організація робіт піротехнічних підрозділів підводного розмінування ДСНС відповідає міжнародним стандартним оперативним процедурам і забезпечує безпечне проведення робіт з попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з підводним розташуванням вибухонебезпечних предметів. Проте, критичне збільшення їх кількості внаслідок війни з росією вимагає підвищення ефективності підводного гуманітарного розмінування, у тому разі за рахунок скорочення часу його проведення.

З урахуванням цього в доповіді розглядаються особливості розробки методики обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій щодо скорочення часу підводного гуманітарного розмінування водолазами-саперами Державної служби України з питань надзвичайних ситуацій без зниження рівня безпеки особового складу, яка ґрунтується на математичній моделі діяльності особового складу групи підводного розмінування.

Показано, що математична модель гуманітарного підводного розмінування водолазами-саперами ДСНС уявляє собою систему трьох аналітичних залежностей. Перша уявляє собою функціонал, який описує процес підводного розмінування у вигляді трифакторної поліноміальної моделі. Друга дозволяє уявити цей функціонал як сукупність однофакторних моделей. Третя забезпечує визначення вагових коефіцієнтів при вирішенні багатфакторного завдання. У відповідності до розробленої математичної моделі Оперативно-технічна методика обґрунтування рекомендацій щодо скорочення часу гуманітарного підводного розмінування водолазами-саперами ДСНС представляє собою сукупність наступних послідовних дій: - вибір варіантів оперативної діяльності під час підводного розмінування; - їх експертна оцінка у відповідності до плану 3x3x2 з урахуванням факторів, які характеризують рівень підготовленості водолазів-саперів, умови, в яких вони працюють, а також оснащення; - визначення параметрів багатфакторних моделей підводного розмінування та перевірка їх достовірності; - їх аналіз та спрощення з подальшим ранжуванням факторів в центрі факторного простору та на його краях; - експертне обґрунтування рекомендацій для впровадження; - вибір і реалізація оперативно-технічних рекомендацій.

Відмічено, що існуюча експериментально-випробувальна база, основу якої складають штатне обладнання відділення підводного розмінування ГУ ДСНС України у Херсонській області та реальні дії під час підводного гуманітарного розмінування, дозволяє перевірити достовірність математичної моделі гуманітарного підводного розмінування водолазами-саперами ДСНС України та оперативно-технічної методики скорочення часу гуманітарного підводного розмінування на її основі.

Отримано багатофакторну модель підйому вибухонебезпечного предмету водолазами-саперами із застосуванням спеціалізованого пристрою у вигляді три факторного квадратичного поліному, коефіцієнти якого встановлюють кількісний зв'язок між рівнем підготовленості особового складу, зовнішніми умовами, в яких він працює, та спорядженням рятувальників, яку можна використовувати для порівняння з багатофакторною моделлю підйому вибухонебезпечного предмету з глибини у разі застосування водолазами-саперами загальноприйнятого способу. Час підводного розмінування в результаті реалізації однієї із запропонованих рекомендацій (застосування спеціалізованого технічного засобу у вигляді у вигляді прямокутного «кошика» з жорсткими ребрами розміром 600x600x150 мм для підйому вибухонебезпечного предмету водолазами-саперами) скорочується суттєво (від 20 % за найкращого поєднання обраних факторів до 40 % - за найгіршого), що підтвердило ефективність застосування розробленої методики.

Так, відмічено, що під час розробки оперативно-технічних рекомендацій водолазам-саперам ДСНС щодо підвищення ефективності підводного підриву вибухонебезпечних предметів в першу чергу необхідно звернути увагу на покращення рівня підготовленості особового складу та умови проведення гуманітарного підводного розмінування. Поряд з цим також необхідно враховувати спорядження водолазів-саперів, а також ефекти взаємодії між рівнем підготовленості особового складу та умовами, в яких вони працюють. Слід очікувати, що у випадку підводного підриву вибухонебезпечного предмету підвищення рівня підготовленості більш сильно буде проявлятися у водолазів-саперів з первинним рівнем, як і те, що саме для них на зниження ефективності підводного розмінування будуть сильніше впливати погані зовнішні умови роботи.

Обґрунтовано спрощені показники швидкості падіння тиску (табл. 1), які доцільно використовувати під час планування оперативної діяльності особового складу відділення підводного розмінування групи піротехнічних робіт та спеціальних водолазних робіт.

**Таблиця 1. Спрощені показники визначення швидкості падіння тиску**

	Швидкість падіння тиску, бар/хв.	
АВМ	$V_6=12$ л	$V_6=15$ л
Глибина, м	Пошук вибухонебезпечного предмету	
4	1,5 ÷ 3	1,2 ÷ 2,25
6	2 ÷ 3,5	1,5 ÷ 3
7	3 ÷ 5	2,5 ÷ 4
Глибина, м	Підйом вибухонебезпечного предмету	
6	2,5 ÷ 4,5	2 ÷ 3,5

Все це свідчить, що розроблені методику і математичну модель доцільно використовувати як для обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій щодо підвищення ефективності здійснення підводного гуманітарного розмінування, у тому разі підводного підриву вибухонебезпечних предметів другої категорії, так і для вдосконалення процесу планування оперативної діяльності особового складу відділення підводного розмінування групи піротехнічних робіт та спеціальних водолазних робіт.

**АНАЛІЗ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ  
РАДІАЦІЙНО-ЗАБРУДНЕНОЇ МІСЦЕВОСТІ**

*Степанчук С.О.<sup>2</sup>,  
Стрілець В.М.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Стрілець В.В.<sup>2</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Гуманітарна міжнародна організація The Halo Trust

На даний момент площа України, яка підлягає розмінуванню становить близько 160 000 квадратних кілометрів. При цьому велика кількість вибухонебезпечних предметів залишилась після окупації росією у радіаційно-забрудненій місцевості Чорнобильської зони. В доповіді показано, що важливою та нерозв'язаною частиною проблеми гуманітарного розмінування є відсутність кількісних показників, що характеризують закономірності оперативної діяльності саперів ДСНС в умовах радіаційного забруднення.

Робоча гіпотеза проведеного дослідження полягала в тому, що отримання закономірностей виконання типових операцій гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення саперами ДСНС у вигляді функцій розподілу часу їх виконання дозволяє здійснити їх порівняльний кількісний аналіз з урахуванням обраного комплексу засобів індивідуального захисту особового складу.

Метод дослідження полягав в експериментальному виконання контрольної типової вправи саперами ДСНС (здьоргування протитанкової міни ПТМ), яка є характерною для гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості, з подальшим порівнянням статистичних характеристик, які характеризують час її виконання. Реалізація запропонованого способу порівняльного аналізу закономірностей особливостей виконання типових операцій гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення саперами ДСНС здійснюється шляхом порівняння часу реалізації способу здьоргування вибухонебезпечного предмету в трьох різних варіантах використання комплексу засобів індивідуального захисту піротехніками ДСНС за різних умов можливого радіаційного впливу: варіант 1 – комбінація захисного костюма Л-1, бронезахисту типу захисний бронезилет ІV рівня захисту, захисний бронешолом ІІІ-А рівня захисту та респіратору типу ЗМ 6200 ffr3; варіант 2 – комбінація захисного костюма Л-1, бронезахисту типу захисний бронезилет ІV рівня захисту, захисний бронешолом ІІІ-А рівня захисту та фільтрувального протигазу типу ГП-5; варіант 3 – комбінація захисного костюма Л-1, бронезахисту типу захисний бронезилет ІV рівня захисту, захисний бронешолом ІІІ-А рівня захисту та апарата на стисненому повітрі типу Dräger 7000.

Результати статистичного оцінювання отриманих експериментальних результатів дозволяють стверджувати, що з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  закономірністю особливістю виконання типових вправ саперами під час гуманітарного розмінування в радіаційно-забрудненій місцевості є нормальний розподіл часу їх виконання незалежно від комбінації тих засобів індивідуального захисту, в яких вони працюють. Це пояснюється тим, що кожна вправа вимагає послідовного виконання різноманітних операцій. І незалежно від розподілу часу їх виконання у відповідності до центральної граничної теореми закон розподілу типової вправи повинен бути нормальним.

Порівняльний аналіз закономірностей гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення в залежності від захисного спорядження саперів ДСНС

показав, що якщо, час виконання типових операцій в комплекті захисного спорядження, до якого входить ізолюючий апарат захисту органів дихання, суттєво (із рівнем значимості  $\alpha=0,05$ ) відрізняється від їх виконання в комплекті, до якого входить фільтрувальний протигаз, то час виконання в комплекті із респіратором класу ffr3 практично не відрізняється (на рівні значимості  $\alpha=0,05$ ) від часу виконання в комплекті із фільтрувальним протигазом.

З урахуванням того, що аналогічні дослідження стосовно визначення особливостей гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення ніде і ніколи не проводились, вперше було визначено статистичні характеристики розподілів часу виконання типової вправи («здьоргування протитанкової міни ПТМ»). Результати порівняльного аналізу отриманих показників дозволяють стверджувати, що якщо час виконання типових операцій в комплекті захисного спорядження, до якого входить ізолюючий апарат захисту органів дихання, суттєво (із рівнем значимості  $\alpha=0,05$ ) відрізняється від їх виконання в комплекті, до якого входить фільтрувальний протигаз, то час виконання в комплекті із респіратором класу ffr3 практично не відрізняється (на рівні значимості  $\alpha=0,05$ ) від часу виконання в комплекті із фільтрувальним протигазом.

Сильною стороною отриманих результатів є визначення достовірних показників (з рівнем значимості  $\alpha=0,05$ ), які можуть бути основою для обґрунтування конкретних пропозицій щодо організації робіт з гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, вибору засобів індивідуального захисту, обґрунтування тактико-технічних вимог до них як на етапі створення, так і на етапі придбання, визначення особливостей підготовки саперів. Так, видно, що не має сенсу займатись подальшими дослідженнями особливостей відповідної діяльності саперів в респіраторах класу ffr3, оскільки кожний з них має індивідуально закріпленій фільтрувальний. З урахуванням виконання більшості робіт з гуманітарного розмінування в умовах радіаційного впливу на відкритій місцевості, основну увагу під час подальших досліджень доцільно приділити визначенню оперативно-технічних рекомендацій щодо підвищення ефективності відповідної оперативної діяльності в комплексах індивідуального захисту сапера, до складу яких входять фільтрувальні протигazi.

Представлення закономірностей виконання типових операцій гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  дозволяє використовувати їх у якості вихідних даних для імітаційних моделей попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розташуванням вибухонебезпечних предметів в радіаційно-забрудненій місцевості.

Одночасно необхідно відмітити, що застосування обраного підходу в практичній діяльності супроводжується трудомісткістю проведення експериментальних досліджень, результати яких є основою для науково-обґрунтованих рішень щодо підвищення ефективності дій особового складу піротехнічних підрозділів в радіаційно-забрудненій місцевості, оскільки для здійснення цього процесу необхідно залучити висококваліфікованих спеціалістів, які одночасно мають знання та навички як в практиці розмінування та іншої оперативної діяльності в умовах радіаційного забруднення, так і в організації експериментальних досліджень таким чином, щоб були отримані статистично значимі результати, які стануть основою відповідних пропозицій на яких будуть ґрунтуватись відповідні практичні рекомендації.

В перспективі цей недолік може бути усуненим шляхом коригування вже отриманих статистичних показників у відповідності до нових вихідних даних, що пов'язані зі зміною складових комплексу засобів індивідуального захисту, рівня підготовленості саперів ДСНС, умов надзвичайної ситуації, із застосуванням, наприклад, методу безпосередніх експертних оцінок.

Розвиток даного дослідження полягає у використанні отриманих закономірностей у якості вихідних даних для відповідних імітаційних моделей.

**РОБОТОБІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ  
ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ***Харченко В.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,**Фесенко Г.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,**Федоренко Г.Л.<sup>1</sup>, к.т.н.,**Клюшніков І.М.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.,**Толкунов І.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**<sup>1</sup>Харківський національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського,**<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Одним із найбільших викликів для України, яка веде багаторічну визвольну війну проти російського агресора, та десятків країн, які за останні десять років були охоплені збройними конфліктами та війнами, є забруднення територій різними вибухонебезпечними предметами (ВНП) [1, 2]. Необхідність ефективного та безпечного пошуку, ідентифікації, вилучення та/або знешкодження чи знищення ВНП є беззаперечною умовою відновлення та подальшого розвитку територій відповідно до їх цільового призначення (урбанізованих зон, промислових підприємств, територій сільськогосподарського призначення, рекреаційних територій, національних парків та заповідників, прибережних територій та морських акваторій тощо). Завдання очищення територій, забруднених ВНП, складовою якого є гуманітарне розмінування, вартісне, трудомістке та небезпечне. Зрозуміло, що обсяги завдань з гуманітарного розмінування на час і після закінчення російсько-української війни, в порівнянні із довоєнними рівнями, зросли на два порядки. На жаль, світова статистика в цьому сенсі також була і є сумною, що підтверджує зростання кількості міжнародних, національних, державних і приватних організацій і компаній, які опікуються різними аспектами знищення ВНП.

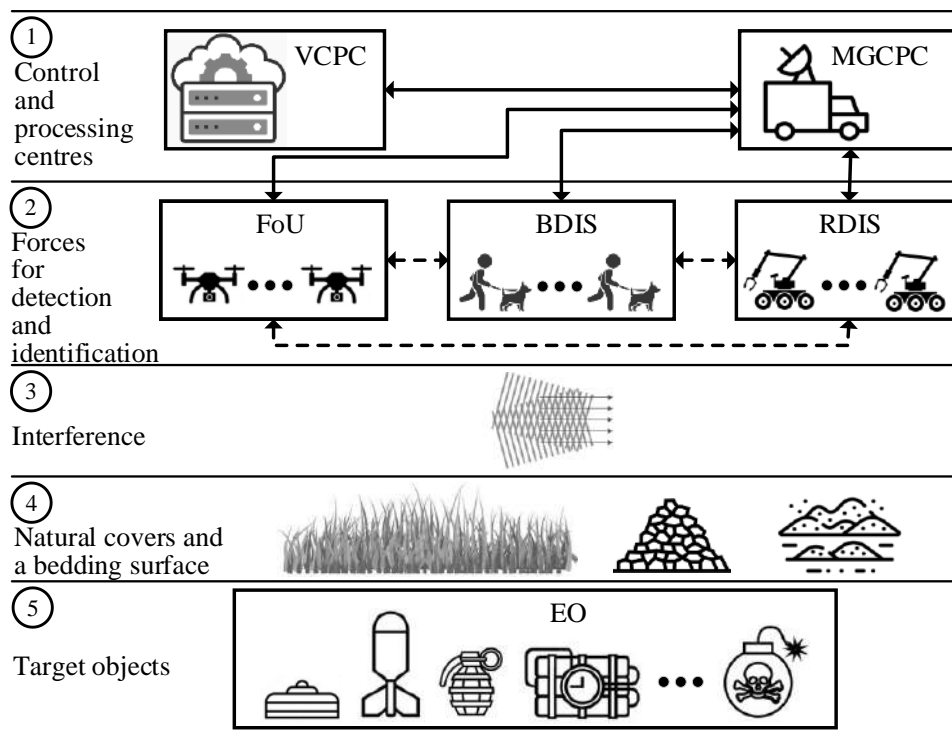
Це зумовлює інтенсивний розвиток методів і технологій розмінування, в тому числі з використанням роботизованих систем, зокрема безпілотних літальних апаратів, наземних, морських і підводних роботів та інших технічних засобів, що наразі є одним із найбільш актуальних та перспективних напрямків. Різноманітність ВНП, їх можливе заглиблення відносно поверхні території, наявність рослинності, дерев та інших природних перешкод, їх знаходження у зруйнованих будівлях і спорудах, в ушкодженій техніці та оборонних спорудах тощо, а також необхідність швидкого та якісного розмінування в різних кліматичних та сезонних умовах ускладнює створення та використання таких систем та зумовлює розробку та впровадження нових мобільних засобів, які базуються на технологіях штучного інтелекту, доповненої реальності, великих базах даних тощо. Надзвичайно важливо шукати інтегровані рішення, які ґрунтуються на застосуванні різноманітних концепцій, методів і технологій, які доповнюють одна одну, і таким чином підвищують надійність і продуктивність виявлення ВНП при безумовному виконанні вимог безпеки. Це рішення, засновані на сучасних інформаційних, комунікаційних і робототехнічних технологіях, а також традиційних методах, що використовують не тільки суто технічну, а і біологічну складову – дресированих тварин (собак, щурів тощо), які працюють під керівництвом кваліфікованих інструкторів.

На сьогоднішній день в міжнародній практиці гуманітарного розмінування, як однієї з основних складових протимінної діяльності, широко впроваджується концепція «Land Release» («Вивільнення (розблокування) земель»). Сутність концепції полягає у забезпеченні раціонального та обґрунтованого співвідношення між безпечністю, якістю

та темпами виконання робіт з гуманітарного розмінування, з одного боку, та ефективного використання людських, матеріальних і фінансових ресурсів – з іншого. Це, в свою чергу, досягається ретельним плануванням та якісним проведенням робіт на всіх етапах розмінування, оскільки всі учасники процесу повинні дотримуватися базових принципів – безпечність, послідовність та зворотній зв'язок між етапами, безперервність, спадкоємність, персональна та колективна відповідальність тощо.

Ці принципи певною мірою закладені в структуру функціональної моделі роботобіологічної системи виявлення та ідентифікації ВВП (РБС-ВІ) [3], структура якої показана на рис. 1, складається з наступних рівнів:

- 1) Центри контролю та обробки (*Control and processing centres*).
- 2) Сили виявлення та ідентифікації (*Forces for detection and identification*).
- 3) Природні та штучні перешкоди (*Interference*).
- 4) Природні покриття та підстилаючі поверхні (*Natural covers and a bedding surface*).
- 5) Цільові об'єкти (*Target objects*).



**Рис. 1. Функціональна модель роботобіологічної системи виявлення та ідентифікації ВВП.**

Розглянемо докладніше кожен рівень моделей.

**Центри контролю та обробки.** Центрами управління та обробки є наступні: мобільний наземний центр управління та обробки (MGPC, МНЦУтаО) та віртуальний центр управління та обробки (VCPC, ВЦУтаО). МНЦУтаО включає керівну групу підрозділу з розмінування, яка має операційну акредитацію для проведення однієї або кількох передбачених заходів з розмінування, операторів БПЛА та роботів, а також відповідне апаратне та програмне забезпечення. ВЦУтаО призначений для підтримки процесу прийняття рішень в МНЦУтаО шляхом залучення групи експертів з розмінування, включаючи експертів з використання БПЛА, роботів і тварин для виявлення та ідентифікації ВВП.

**Сили виявлення та ідентифікації.** Сили виявлення та ідентифікації складаються з флотів БПЛА (FoU, ФлБПЛА), інформаційної системи біологічного виявлення (BDIS,

ІСБВ) та роботизованої інформаційної системи виявлення (RDIS, PICB)). До складу ФлБПЛА входять БПЛА одного або різних типів з бортовим обладнанням для виявлення та ідентифікації ВВП. Кожен БПЛА управляється або безпосередньо з МНЦУтаО, або в повністю автономному режимі, що забезпечує його більшу відстань.

**Природні та штучні перешкоди.** Перешкодами є небажані сигнали або об'єкти, які можуть вплинути на виявлення ВВП. Перешкоди можуть утворюватися від різних джерел і мати різні форми, наприклад: електромагнітні сигнали від зовнішніх джерел, таких як лінії електропередач, радіопередавачі або електронне обладнання; металеве сміття (металобрухт, викинуті предмети або залишки попередніх конфліктів), наявні в зоні, де відбуваються дії з виявлення та ідентифікації ВВП, що ускладнить розрізнення нешкідливих уламків (осколків) від закопаних мін.

**Природні покриви та підстилаючі поверхні.** Природні покриви, такі як рослинність або листя, та підстилаючі поверхні – шар гравію, піску або ґрунту тощо, можуть ефективно приховувати ВВП, ускладнюючи їх візуальне виявлення; генерувати хибні сигнали або шуми, які можуть заважати роботі засобів пошуку, що застосовуються при розмінванні; обмежити фізичний доступ до небезпечних зон (районів).

**Цільові об'єкти.** Це об'єкти, які РБС-ВІ повинна виявити та ідентифікувати. У нашому випадку такими об'єктами є ВВП (ЕО) – це всі боєприпаси, що містять вибухові речовини, матеріали ядерного поділу або синтезу, а також біологічні та хімічні агенти: бомби та боеголовки; керовані та балістичні ракети; боєприпаси до артилерії, мінометів, гранатометів і стрілецької зброї; інженерні боєприпаси; морські міни, торпеди та глибинні бомби; касетні боєприпаси; пристрої, що приводяться в дію патронами та порохом; електровибухові пристрої; саморобні вибухові пристрої; всі подібні або споріднені предмети чи компоненти вибухонебезпечного характеру.

**Висновки.** Запропонована концепція та функціональна модель РБС-ВІ можуть забезпечити високоефективне та гарантоване виявлення ВВП у визначених зонах шляхом впровадження інтелектуальної платформи та інструментів для планування використання багатофункційних флотів БПЛА та інших підсистем РБС-ВІ.

#### ЛІТЕРАТУРА

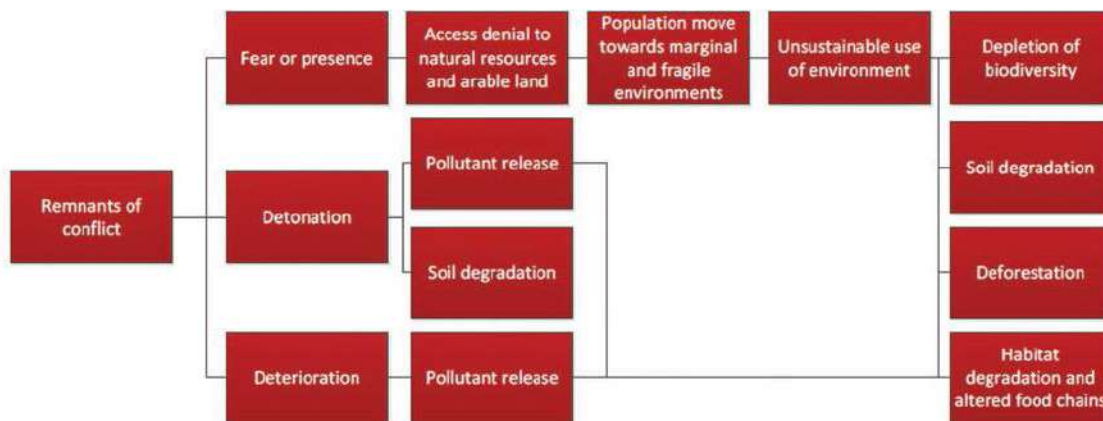
1. The UNMAS Annual Report 2022. URL: [https://www.unmas.org/sites/default/files/unmas\\_ar\\_2022.pdf](https://www.unmas.org/sites/default/files/unmas_ar_2022.pdf)
2. Landmine Monitor 2022. URL: <http://www.the-monitor.org/en-gb/reports/2022/landmine-monitor-2022.aspx>
3. Fedorenko, G., Fesenko, H., Kharchenko, V., Kliushnikov, I., Tolkunov, I. (2023). Robotic-biological systems for detection and identification of explosive ordnance: concept, general structure, and models. Journal «Radioelectronic and Computer Systems» (ISSN 1814-4225 (print) ISSN 2663-2012 (online)). Series: Information security and safety (Doi: 10.32620/reks.2023.2.12). X.: ХНАКУ ім. М.Є. Жуковського («ХАІ»). Вип. № 2 (106). С. 143–159.

## COMBAT ACTIONS IMPACT ON FOOD SECURITY OF UKRAINE

*Orel S., Ph.D, Associate Professor  
Hetman Petro Sagaidachny National Army Academy*

Ukraine is one of the few European countries that have natural resources that are well suited for growing agricultural products. Its territory is 95 % flat (only 35 % is inclined at an angle from 1° to 3°), contains 30 % of European black earth, and has favorable climatic conditions, which allows growing a significant amount of grain. In 2021 (pre-war) year, Ukraine exported agricultural products and food for more than 35,4 billion US dollars. Russia's aggression has led to environmental pollution of large areas with mines, remnants of ammunition, fuel, and military equipment. About 10 % of agricultural land is contaminated. After the liberation of these territories, unexploded or simply abandoned munitions and minefields will pose a significant danger to them.

We'll try to review the demining process from the point of view of its impact on the environment and to identify the main components affecting the production of agricultural products. These questions are good considered in the work [1] (Fig. 1.).



**Fig. 1. Environmental impact chain of remnants of conflict.**

The environmental impact of explosive remnants of war (ERW) can be direct or indirect. Indirect impacts are those that occur at times and locations other than the original location or detonation of the device. Fig.1 schematically illustrates the chain of environmental impacts that may result from the consequences of armed conflict. Indirect impact on the environment is accompanied by the population's fear of possible explosion (explicit or imagined). In this case, the population leaves agricultural regions, moving, as a rule, to urban and suburban areas. The area of arable land and the area of pastures are decreasing, and as a result, the quantity and quality of food products are decreasing too. An indirect effect is also the action of explosive devices that remain in the soil and change its properties, usually in a negative way.

The on-the-spot (direct) impact of ERW can be defined as their impact on the environment at the time and place of explosion. Disposal of mines and ERW consists of two stages: the search for devices and the actual elimination itself. Moreover, humanitarian demining differs from the military one in many respects. The standard to which clearance must be achieved is at least a 99,6 successful detection and removal rate and 100 % to a certain depth, according to International Mine Action Standards. Searching for unexploded ordnance (UXO), causes pressure on the environment due to the presence of personnel and the setting up



of temporary camps. The mere presence of demining personnel in the field and in temporary field camps can lead to the overexploitation of local resources such as water, wood, or food and the generation of waste that, if not properly managed, can lead to lasting environmental degradation long after the camp had left.

The search is usually carried out with the help of metal detectors and probes, sometimes with the help of trained animals (dogs and rats) that detect the presence of explosives by smell. In order to find and release UXO, it is necessary to prepare the territory, namely: the upper fertile layer of the earth is cut; while the root system of plants is damaged, low-growing plants are destroyed to gain access to the likely location of explosive devices. Exposing the surface of the earth leads to the thinning of the fertile layer and the possible formation of erosion.

In addition to the short-term impact on the environment associated with the demining and disposal of UXO, there is also a long-term impact of substances included in mines and ammunition, namely: explosives and heavy metals.

In the process of liquidation of both mines and the rest of the damaged or abandoned ammunition, the metals that are part of them may enter the environment: aluminium into explosives filling; lead, antimony and arsenic (added to lead into small-arms cartridges), cadmium and zinc (a protective coating on ammunition shells), mercury (mercury fulminate into primers and detonators), tungsten, nickel, copper and cobalt (in the form of an alloy for cores of armour-piercing projectiles).

In addition to heavy metals, mines and ammunition contain substances that in turn also pollute the environment. These include explosives and propellants. Explosives are classified as primary, secondary, or tertiary based on their susceptibility to initiation. Primary explosives are highly sensitive to initiation and include silver azide and mercury fulminate. Primary explosives are often used to initiate secondary explosives in a so-called firing train. Common secondary explosives include N-methyl-2-4-6-trinitrophenylnitramine (tetryl), 2,4,6-trinitrotoluene (TNT), hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX), octahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocine (HMX) and their mixtures. In military ammunitions, tertiary explosives are rarely used.

From the above materials, it can be concluded that ERWs damage and pollute the environment, and this process can take decades. From this we can draw an important conclusion regarding the food security of Ukraine.

**Conclusion.** It can be predicted that after the liberation of the agricultural territories, where military operations were previously conducted and which are contaminated by mines and ERW, in the first time period there will be a significant decline in the production of foods. This decline will be determined by the reduction in the area of cultivated agricultural land due to the danger of the mine/ ERW explosion.

In the course of the demining and liquidation of ERW, the area of land will increase, as will the volume of foodstuff, but their quality will decrease due to the presence of heavy metal compounds and explosive residues in it and the deterioration of the soil quality. This process strongly depends on the time of demining, since the transition of harmful substances into the soil and their subsequent participation in the food chain is stretched over time. Therefore, after the liberation of the territory of Ukraine, contaminated by mines and ERW, the demining time is of great importance.

## REFERENCES

1. GICHD. "Peacebuilding and Environmental Damage in Contemporary Jus Post Bellum". Seminar organised by the University of Leiden, 11–12 June 2014. URL: <https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/migration/fileadmin/GICHD-resources/rec-documents/Do-no-harm-and-mine-action-Leiden-University-Jun2014.pdf>

СЕКЦІЯ 4

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ  
ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ

УДК 548.31

ЩОДО АКТУАЛЬНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РІЗНИХ ГРУП  
НИТКОПОДІБНИХ КРИСТАЛІВ

*Артем'єв С.Р., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Проблема дослідження ниткоподібних кристалів і, особливо, групи ниткоподібних кристалів металів у сучасних умовах є досить актуальною, оскільки дана група металів належить до «матеріалів майбутнього». Спектр використання саме цієї групи кристалів стрімко розширюється і проблематика вирощування таких кристалів досить актуальна і сучасна. Останні 30 років показали, що металоорганічні сполуки продовжують займати помітне, якщо не головне положення серед подібних речовин під час отримання металевих порошків, плівок, покриттів або навіть, наприклад, прес-форм з газової фази.

І якщо 50 років тому можна було припустити, що коло можливостей використання даної групи кристалів і сполук практично обмежене і, можна сказати, визначене, то нині, коли наука і виробництво стрімко розширюються, саме зазначена група кристалів має стрімкий розвиток в галузі науки і виробництва, де раніше її не було.

Ниткоподібні кристали мають ряд властивостей, які істотно відрізняють їх, наприклад, від макрокристалів. Насамперед, нині дуже ретельно приділено пильну увагу пружності та міцності ниткоподібних кристалів. Розвиток техніки і сучасного виробництва висувають підвищені вимоги під час виготовлення електроізоляційних матеріалів і виробів з них, тих, які працюють за високих температур та у хімічно агресивних середовищах. На їх основі у сучасному виробництві успішно отримують композиційні матеріали.

Якщо аналізувати джерела різних джерел останніх 30 років, слід зазначити, що вказані питання розглядалися під час проведення наукових конференцій, семінарів і симпозіумів. Досить вдумливо та глибоко розглядалися питання отримання ниткоподібних волокон. Зокрема, аналіз методів волочіння і витягування (Тейлора) у процесах отримання безперервних волокон ниткоподібних кристалів.

У різних наукових статтях останніх 20–30 років були проаналізовані та систематизовані методи отримання безперервних волокон ниткоподібних кристалів саме з точки зору показників їх міцності. За основу було взято методи волочіння та метод витягання. Було докладно представлено схематичні описи проведення обох процесів, наголошено увагу на якісні показання отриманих підсумкових результатів. Проаналізовано технологічні операції, які складають методіку проведення зазначених процесів і роль кожного з них.

Проведений аналіз різних публікацій показав, що станом на початок 21-го сторіччя робіт, спеціально присвячених, наприклад, вивченню магнітних та оптичних властивостей ниткоподібних металевих (та інших) кристалів було не так багато, причому основна маса з них була іноземного походження.

Якщо брати джерела, наприклад, більш сучаснішого характеру (10–15 років), то посилено нині розглядаються перспективні напрями використання «віскерів» саме з урахуванням впливу їх характеристик на розвиток конкретних напрямків наукових досліджень, у тому числі в галузі оптики. Зокрема – це питання технологій обробки ниткоподібних кристалів, можливості створення біосумісних матеріалів, а також оптичних властивостей ниткоподібних кристалів як наноматеріалів. Підвищена увага фокусується на розгляді фізичних властивостей монокристалів, у тому числі – їх оптичним властивостям.

Поглиблено обговорюються питання, пов'язані з особливостями оптичних спектрів деяких ниткоподібних нанокристалів, у тому числі результати проведених оптичних досліджень нановолокон кристалів, наприклад,  $\text{SnO}_2$ . Вивчення магнітних властивостей ниткоподібних кристалів багатьма дослідниками проводилося переважно на залізі. Головним методом виявлення доменів служив метод магнітних порошків, що дозволяє виявляти як доменну структуру, а й рух стінок доменів.

Дослідження ниткоподібних кристалів, наприклад, кобальту, виявили, що залежність ширини домену від товщини зразка підпорядковується статичному закону  $2/3$ , а не  $1/2$ , як це передбачає теорія. Ниткоподібні кристали в силу ряду їх особливостей, таких, як мала кількість дефектів, розміри, вихрові струми нині стали таким об'єктом, де вдалося спостерігати навіть слабкі діамантні ефекти. До таких явищ відноситься, наприклад, ефект періодичної зміни магнітної сприйнятливості з одночасною зміною напруженості магнітного поля, що спостерігається тільки за низьких температур, коли воно не маскується іншими більш сильними магнітними ефектами.

Ще у 1963 році вченими Андерсоном і Голдом вперше спостерігався цей ефект на феромагнітному матеріалі, використовуючи при цьому як об'єкт ниткоподібні кристали заліза. Пізніше – дослідниками Люборські і Морелоком у дослідях з намагнічування ниткоподібних кристалів заліза і сплавів «залізо – кобальт» було показано, що залежність коерцитивної сили, залишкової магнітної індукції та гістерезису від товщини зразків за умов хаотичного їх розташування добре збігається з розрахунковими даними для вихрової моделі в кристалах тонше  $1000 \text{ \AA}$ . Ці дані дали на той час перше експериментальне підтвердження існування вихрового намагнічування, про яке йшлося виключно в теорії.

Під час проведення досліджень будови хризотилітових асбестів, які відносяться до розряду паралельно-волокнистих агрегатів на електронному мікроскопі з високою роздільною здатністю було виявлено, що велика частина ниток має форму порожнистих циліндрів, що складаються з спіральних шарів. У поперечних перерізах були видні мультиспіралі, які вказують на присутність гвинтових дислокацій.

Таким чином, проблематика проведення досліджень різних груп ниткоподібних кристалів підкреслює їх актуальність проведення у сучасних умовах. Подальшого розвитку потребують дослідження традиційних та нетрадиційних властивостей отримання різних груп ниткоподібних кристалів. Це також є актуальним і з точки зору проблематики вирішення питань охорони навколишнього середовища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Артем'єв С.Р. Аналіз методів отримання безперервних волокон ниткоподібних кристалів. Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. Х.: НТУ «ХП». 2016 р. № 17 (1189). 130 с.
2. Артем'єв С.Р. Щодо актуальності застосування ниткоподібних кристалів у сучасному виробництві. Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Х.: НТУ «ХП». 2013 р. № 56 (1029). 220 с.
3. Артем'єв С.Р. Властивості ниткоподібних кристалів. Механічні випробування на міцність. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2013. № 6/1 (14). 60 с.

**СТРУКТУРА І АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТОЧУТЛИВИХ  
ВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ, СИНТЕЗОВАНИХ ІЗ СОЛОМИ ПШЕНИЦІ**

*Бордун І.М., д.т.н., доцент,  
Мальований М.С., д.т.н., професор,  
Борисюк А.К.,  
Нагурський Н.О.*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Промислове виробництво використовує тисячі найменувань хімічних реагентів як натурального, так і синтетичного походження. Проте, крім корисних властивостей і покращення якості продукції, виготовлення і застосування таких реагентів супроводжується утворенням значних обсягів стічних вод. Серед методів очищення промислових стічних вод широко застосовують процеси адсорбції. Використання традиційного активованого вугілля (АВ) є ефективним, але достатньо дорогим. У зв'язку з цим виникає необхідність синтезу таких видів АВ, які були би економічно вигідними, володіли високою ефективністю і легко вилучалися із водного середовища. Найпривабливішою сировиною для такого вугілля є відходи органічного походження. Однак порошковий адсорбент важко вилучити із води відстоюванням, а фільтрування є досить повільним процесом. Одним з варіантів виходу з такої ситуації є синтез магніточутливих адсорбентів, які легко можна відділити від водного середовища магнітною сепарацією. Тому у роботі проведено дослідження структури і адсорбційних властивостей магніточутливого АВ по відношенню до різнозаряджених модельних барвників - метиленового синього (МС) та конго червоного (КЧ).

Для синтезу АВ використано солому пшениці, активатором була суміш солей  $\text{FeCl}_3 + \text{ZnCl}_2$ . У першому способі синтезу солому пшениці, просочену солями, піддавали піролізу в інертній атмосфері (аргон) за температури  $800\text{ }^\circ\text{C}$  впродовж  $\sim 90$  хв (зразок М1). У другому способі синтезу спочатку було здійснено передпіроліз соломи при температурі  $\sim 400\text{ }^\circ\text{C}$  впродовж 90 хв. Далі отриманий карбонізація просочували водним розчином хлоридів заліза та цинку. Отриману суміш сушили і піддавали піролізу в інертній атмосфері за температури  $800\text{ }^\circ\text{C}$  також впродовж  $\sim 90$  хв (зразок М2). Рентгенодифракційні криві вуглецевих матеріалів отримано за допомогою дифрактометра ДРОН-3 (Cu  $K_\alpha$ -випромінювання,  $\lambda=0,1542$  нм). Магнітні вимірювання здійснено за допомогою вібраційного магнітометра. Параметри пористої структури визначено за методикою ізотермічної адсорбції/десорбції азоту за допомогою порометра-аналізатора NOVATouch LX2. Зразки матеріалів перед вимірюваннями були попередньо дегазовані у вакуумі при 473 К впродовж 12 годин. Дослідження адсорбції МС і КЧ проведено за спектрофотометричною методикою з використанням однопроменевого спектрофотометра СФ-46.

Рентгеноструктурними дослідженнями показано наявність у зразках М1 і М2 поряд із аморфною вуглецевою фазою фази кубічної шпінелі  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (магнетиту), котра є феримагнетиком за температур, нижчих за  $580\text{ }^\circ\text{C}$ . За петлями гістерезису, отриманими в магнітних полях від  $-300\text{ кА}\cdot\text{м}^{-1}$  до  $300\text{ кА}\cdot\text{м}^{-1}$ , обчислено коерцитивну силу  $H_c$  ( $5,51\text{ кА}\cdot\text{м}^{-1}$  у М1 і  $5,58\text{ кА}\cdot\text{м}^{-1}$  у М2) і залишкову питому намагніченість  $\sigma_s$  ( $2,63\text{ А}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$  у М1 і  $1,43\text{ А}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$  у М2). Параметри пористої структури оцінено у межах моделі БЕТ, МР- і DFT-методів і моделі ВЖН. Встановлено, що обидва зразки мають визначальним вплив мікропор, але питома площа поверхні М2 ( $884,7\text{ м}^2/\text{г}$ ) є більш, ніж вдвічі більша за питому площу поверхні М1 ( $405,2\text{ м}^2/\text{г}$ ).

Адсорбовану з водного розчину кількість речовини  $q_e$  розраховано за різницею концентрацій барвника  $C$  до і після контакту з вугільним адсорбентом. На основі отриманих величин адсорбції було побудовано ізотерми адсорбції  $q_e = f(C)$ , які наведено на рис. 1. Аналізуючи рис. 1, можна сказати, що усі ізотерми належать до типу L ізотерм адсорбції. Це говорить про зв'язок молекул барвників з поверхнею в основному за рахунок електростатичної ван-дер-ваальсівської взаємодії. Для аналізу усіх ізотерм адсорбції використано моделі Ленгмюра, Фрейндліха і Дубініна-Радушкевича.

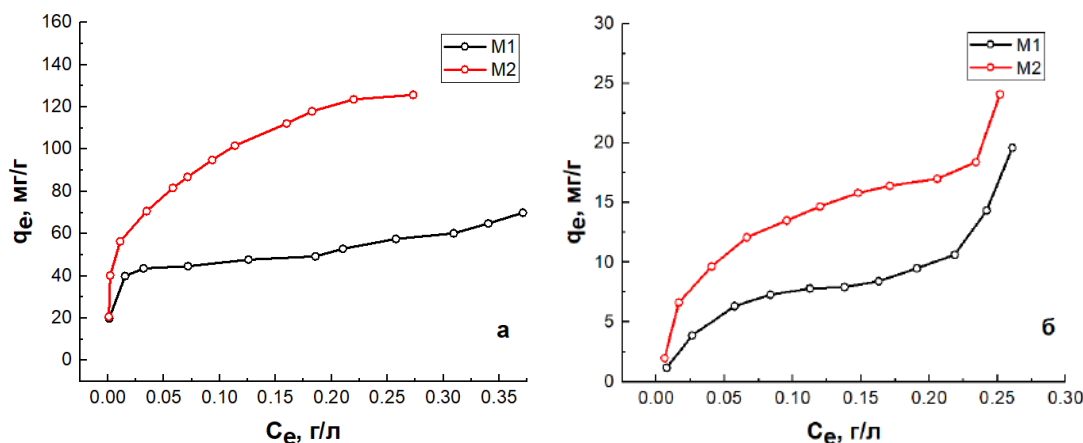


Рис. 1. Ізотерми адсорбції МС (а) і КЧ (б) АВ М1 і М2.

На основі лінійної апроксимації ізотерм за моделлю Ленгмюра визначено граничну кількість поглинутого барвника  $q_m$  пористою структурою вугілля (Табл. 1). Параметр рівноваги  $R_L$  обох барвників для М1 і М2 є суттєво меншим за 1, що вказує на сприятливий тип адсорбції обома вуглецевими матеріалами.

Таблиця 1. Гранична величина адсорбції барвників досліджуваними видами АВ згідно моделі Ленгмюра

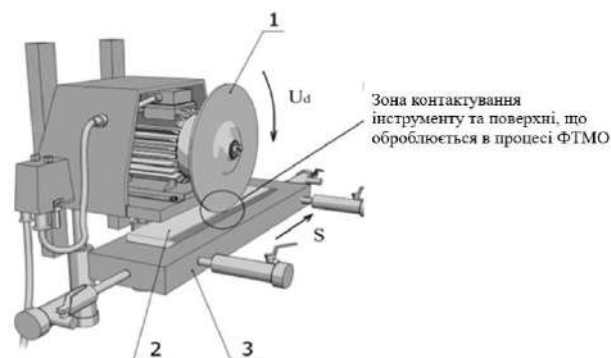
Вид АВ	Величина граничної адсорбції $q_m$ , мг/г		$R_L$	
	МС	КЧ	МС	КЧ
М1	89,3	11,4	0,071	0,005
М2	151,5	21,2	0,022	0,047

Порівняння величин адсорбції залежно від типу барвника свідчить, що для обох досліджуваних видів АВ цей показник суттєво зменшується при переході від МС до КЧ. Високі величини адсорбції основного барвника МС і значно менші величини адсорбції кислотного барвника КЧ свідчать про значний вплив на адсорбцію функціональних кисневих груп на поверхні АВ. Різниця між адсорбцією АВ М1 і М2 різнозаряджених барвників МС і КЧ також зумовлена особливостями пористої структури цих видів вугілля. Відомо, що молекула МС є майже вдвічі коротшою за молекулу КЧ. Якщо врахувати особливості мікро- і мезопористої структури вугілля М1 і М2, то бачимо, що вугілля М1 має вдвічі меншу питому площу поверхні і менший вміст мезопор у порівнянні із вугіллям М2.

**ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ ТЕРМОФРИКЦІЙНИХ  
МЕТОДАХ ОБРОБЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ***Волков О.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,**Красєвська Ж.В.<sup>1</sup>, аспірантка,**Кулик Г.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,**Васильченко О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*<sup>1</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*<sup>2</sup>*Національний університет цивільного захисту України*

Розвиток сфери «технологія матеріалів та матеріалознавство» впродовж декількох десятиріч дозволив створити різноманітні методи оброблення металів і сплавів. Серед них важливе місце займає фрикційна термомеханічна обробка з використанням тертя (ФТМО), яка запропонована, як різновид з методів локального оброблення (ТФР, ТФО) та зміцнення (ТФЗ, ДТФЗ), які містять фрикційно-деформайну компоненту. Відповідно, мова йде не про звичайну класичну ТМО, а про іноваційно альтернативний метод зміцнення, оскільки дана технологія передбачає нагрівання за рахунок тертя та низку інших відмінностей. Тобто тертя є джерелом енергії. Цей метод дозволяє досягти високих значень твердості, міцності та зносостійкості матеріалів за короткий час і зі значно меншими витратами порівняно з іншими методами обробки. Проте, залежно від характеру обробки, може відбуватись різноманітне структуроутворення і, як результат, формуватись різноманітні властивості.

Науково-практичний напрямок зміцнення поверхні є актуальним сьогодні, оскільки таке зміцнення може бути досягнуто за допомогою багатьох різних методів, залежно від конкретних вимог та умов застосування. Проведено багато досліджень щодо структуроутворення під дією термофрикційного впливу [1, 2]. Механо-імпульсне оброблення високошвидкісним тертям [3] також дає змогу створювати певні дрібнодисперсні структури на поверхні деталей. Деформований шар під час фрикційного зміцнення утворюється безпосередньо на поверхні матеріалу деталі та релаксується на певній глибині. Це відрізняє високошвидкісне тертя від обкочення або ударного зміцнювального оброблення, які ініціюють зони максимального контактного напруження на деякій глибині від поверхні, що може призводити до утворення підповерхневих тріщин. Очевидно, що використання ТФО в якості саме методу зміцнення є актуальним нині питанням з широкою географією. Так, в наукових роботах показано, що енергія тертя використовується з різним ступенем інтенсивності та для вирішення різних технологічних питань. Акцентовано увагу, що тертя є потужним засобом розігрівання поверхні та може використовуватися навіть для зварювання феритної нержавкої сталі [4], мідних листів [5] та інших матеріалів. Наголошено, що при цьому відбувається зміна механічних властивостей по перерізу [6], що пояснюється високотемпературним розігріванням аж до температури плавлення й наступним охолодженням з певною швидкістю. Крім того, зміна механічних властивостей може бути викликана й деформацією певних структурних складових [7]. У більшості описаних випадків на поверхні матеріалу, що оброблюється з'являється білий шар, який ще досі не вивчений в повному обсязі та потребує детального дослідження. Дослідження, які відображені в дисертаційній роботі О.О. Волкова [1] дозволили знайти пояснення багатьом питанням щодо структуроутворення з формуванням поверхневого «білого» шару та властивостей в лійці сталей різного призначення та з різним хімічним складом.



**Рис. 1. Схема локального оброблення в режимі ФТМО: 1 – різальний диск; 2 – зразок; 3 – магнітна плита верстата.**

При проведенні даної дослідницької роботи було здійснене попереднє термічне зміцнення та додаткове зміцнення зразків із сталі 65Г за допомогою ФТМО (рис.1), що дозволило збільшити мікротвердість сталі в зоні оброблення в понад 2 рази. При цьому мікротвердість було збільшено термічним шляхом до рівня близько  $580 \text{ кгс/мм}^2$  що еквівалентно  $5800 \text{ МПа}$ , а після ФТМО мікротвердість зросла до  $1300 \text{ кгс/мм}^2$ , що відповідає  $13000 \text{ МПа}$ . Також зазначено, що зміцнений «білий» шар надвисокої твердості, який сформовано при ФТМО, розташований по всій їх довжині оброблення та є суцільним, що характеризує однорідність та рівномірність зміцнення поверхні зразків. Окрім того проведено визначення розподілу навантаження при ФТМО за допомогою динамометра та розраховано окружну силу різання, що дозволило встановити залежності, які показують характеристики зміцнення з урахуванням товщини диску. Враховуючи ці дані, зроблені рекомендації щодо оптимальної товщини зміцнювального диску.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Волков О.О. Підвищення експлуатаційної стійкості деталей та інструменту методом термофрикційного зміцнення: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : за спец. 05.02.01 Матеріалознавство, 13 Механічна інженерія : захищена 06.10.2020 / О.О. Волков ; наук. керівник М.А. Погрібний; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т»; Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків: [б. в.], 2020. 209 с.
2. Volkov, O. (2016). Study of heat deformation influence in surface strain hardening of steel by thermofriction processing. Eastern-European journal of enterprise technologies. 25. 80. 38–44.
3. Голубець В. Технологічні методи поверхневого зміцнення металічних конструкційних матеріалів : навч. посібник. Львів : ВТФ «Друксервіс», 2000. 178 с.
4. Lakshminarayanan, A., Balasubramanian, V. (2011). Understanding the parameters controlling friction stir welding of AISI 409M ferritic stainless steel. Metals and materials international. 17. 6. 969–981.
5. Galvao, I., Leal, R., Loureiro, A. (2013). Influence of tool shoulder geometry on properties of friction stir welds thin copper sheets. Journal of materials processing technology. 2. 129–135.
6. Rajamanickam, N. et al. (2009). Effect of process parameters on thermal history and mechanical properties of friction stir welds. Materials & design. 30. 7. 2726–2731.
7. Momeni, A. et al. (2011). Hot deformation behavior of austenite in HSLA-100 microalloyed steel. Materials science and engineering. 523. 4–5. 2158–2163.

## ОЦІНКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, ЗМІЦНЕНИХ ДЕТОНАЦІЙНИМ НАПИЛЕННЯМ, З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ ФРАКТАЛІВ

*Глушкова Д.Б.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Волчук В.М.<sup>2</sup>, д.т.н., професор*

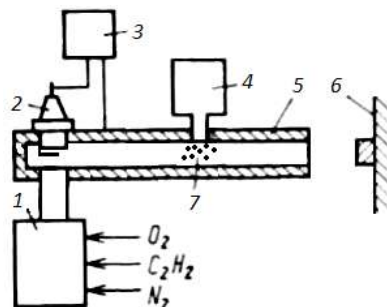
<sup>1</sup>*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,*

<sup>2</sup>*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

Детонаційні покриття, як різновид газотермічних покриттів, завдяки найбільш високим характеристикам, знаходять все ширше застосування в різних галузях промисловості. Завдяки найбільш високим характеристикам (міцність зчеплення з підкладкою до 250–280 МПа) детонаційне напилення [1] може бути кращим для зміцнення та відновлення найбільш відповідальних та навантажених деталей та вузлів. Детонаційне напилення підвищує механічні властивості різних деталей відповідального призначення, поверхня яких зношується в процесі експлуатації.

Оцінка механічних властивостей деталей після детонаційного напилення за допомогою неруйнівних методів контролю, що базуються на аналізі структури, ускладнена у зв'язку зі складною конфігурацією форми її складових. Неоднорідна та складна з геометричної точки зору структура характерна для багатьох поверхонь після різного виду напилень [2].

В роботі запропоновано застосувати теорію фракталів для оцінки механічних властивостей деталей гідромолоту [3].



**Рис. 1.** Схема детонаційного пристрою складається з: блоку 1, службовця для утворення необхідних газових сумішей; блоку підпалу 3 та запалювача 2; ствола 5, 6 - поверхня деталі, 7 - частинки, що напилюються.

Робочі очищені поверхні деталей гідромолоту без попередньої обробки зміцнювали шляхом детонаційного напилення сплаву ВК25 (80 %) та сполучного матеріалу ПТ-НА-01 (Ni 91 %, Al 9 %). Використовували порошок зернистості 20–100 мкм; який розплавлявся в кисневоацетиленовому полум'ї та газовим потоком переносився на поверхню деталі. Товщина напиленого шару – 0,1 мм. Шорсткість поверхонь деталей перед напиленням становила Ra 0,35–2,5. В результаті напилення шорсткість робочих поверхонь деталей збільшилася до значень Ra 4,8–5,4 на корпусі та втулці і до 2,8–3,7 на бойку та пікі.

Початкові ознаки руйнування зміцненого шару виявлено на піку після 400 циклів навантаження. Ризики-задири у зонах «М» і «F» на бойці (рис. 2) з'явилися після 1300 циклів, на втулці після 1050 циклів навантаження і корпусі після 1700 циклів. Випробування проведено обсягом 1800 циклів. Вимірювання випробуваних деталей показують, що наведений діаметр каналів у зоні зрізу збільшився до 125,2 мм. Бойок зносився на 0,25 мм, піка в зонах «М» і «F» отримала знос 1,2 мм. Вигляд пошкодження деталей, зміцнених детонаційним напиленням, показано на рис. 2 та 3.



Фрактальна розмірність структури деталей гідромолота обраховували за формулою Хаусдорфа. Результати фрактального аналізу мікроструктури піки та корпусу наведено на рис. 4 та 5.

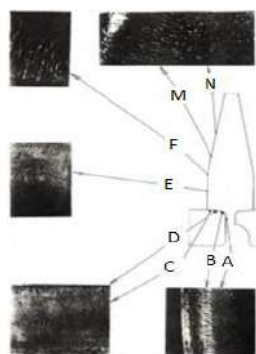


Рис. 2. Пошкодження піки та втулки, зміцнених детонаційним напиленням,  $\times 3$ .

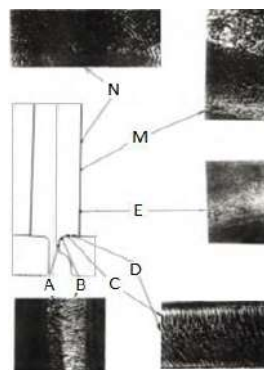


Рис. 3. Пошкодження корпусу та бойка, зміцнених детонаційним напиленням,  $\times 3$ .

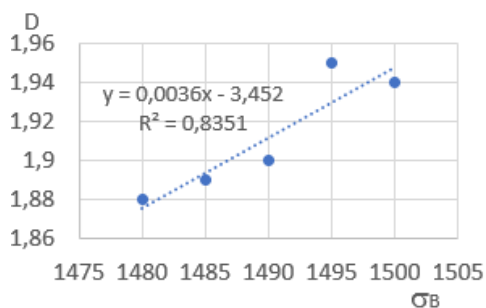


Рис. 4. Співвідношення між фрактальною розмірністю поверхні корпусу D та межею міцності  $\sigma_B$ .

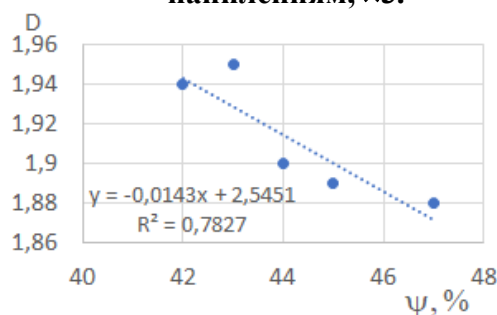


Рис. 5. Співвідношення між фрактальною розмірністю поверхні піки D та відносним звуженням  $\psi$ .

**Висновки:** 1. Створена й апробована методика порівняльного оцінювання ефективності зміцнювальних технологій підвищення довговічності деталей гідромолота, яка базується на випробуванні деталей після різних варіантів зміцнення та забезпечує дію в процесі навантаження тисків і газодинамічних характеристик, що імітують відповідні параметри експлуатаційних навантажень.

2. Випробування деталей, зміцнених дослідженими методами, показали, що порівняно з початковим варіантом суттєве підвищення зносостійкості досягається:

– у контрольованому перерізі бійка і піки при зміцненні шляхом детонаційно-газового наплавлення, при цьому трищостійкість матеріалу підвищується в 1,3–2,4 рази порівняно з початковим станом.

3. Отримані математичні моделі, що дає можливість проводити оперативний прогноз механічних властивостей деталей гідромолота, зміцнених детонаційним напиленням на основі аналізу їх фрактальної структури.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Davis, Joseph. R. (2004). Handbook of Thermal Spray Technology. USA: ASM Thermal Spray Society. 55–58.
2. Hlushkova, D.B., Bagrov, V.A., Saenko, V.A., Volchuk, V.M., Kalinin, A.V. and Kalinina, N.E. (2023). Study of wear of the building-up zone of martensite-austenitic and secondary hardening steels of the Cr– Mn– Ti system. Problems of Atomic Science and Technology. 144(2). 105–109.
3. Hlushkova, D.B., Volchuk, V.M. (2023). Fractal study of the effect of ion plasma coatings on wear resistance. Functional Materials. 30(3). 453–457.

## ЩОДО ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ ОСИКИ ТА ВІЛЬХИ ПІСЛЯ АЦЕТИЛЮВАННЯ

*Горбачова О.Ю., к.т.н., доцент,*

*Буйських Н.В., к.т.н.,*

*Мазурчук С.М., к.т.н., доцент,*

*Ломага В.В., PhD*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Деревину широко використовують як будівельний матеріал. Однак, деревина біологічно нестійкий матеріал. Для подовження терміну експлуатації дерев'яні конструкції потребують захисту від дії несприятливих чинників. Одним з напрямків захисту деревини є її модифікація. Модифікація дозволяє підвищити експлуатаційні якості деревини впливаючи на її водостійкість, стійкість до дії високих та низьких температур, стійкість до дії біологічних чинників. Модифікування може відбуватися високими температурами [1] або просоченням деревини хімічними реагентами. Хімічна модифікація призводить до хімічної зміни макромолекул деревини. Наразі широко використовуються два способи хімічного модифікування – ацетилювання та фурфулювання. Обидва способи модифікації дають нетоксичні, екологічно безпечні матеріали, альтернативні тропічній листяній деревині [2]. Тому постає необхідність оцінки ефективності модифікування деревини різних порід шляхом ацетилювання на основі визначення сорбційних показників, встановлення стабільності геометричних розмірів та механічної стійкості.

Дослідження впливу ацетилювання на деякі фізико-механічні властивості деревини проводили на зразках осики і вільхи. Ацетилювання проводили у ванні з оцтовою кислотою. Концентрація оцтового ангідриду 99,9 %, щільність при 20 °С 1,05 г/мл. Зразки попередньо нагріли до температури 80 °С. Просочувальний розчин періодично підігрівали. Просочування відбувалось за рахунок дії капілярних сил, що виникають в деревині під час зміни температури.

Під час проведення експерименту використано стандартні методики, а саме ISO 13061-2 EN [34] – визначення щільності деревини; ISO 13061-13:2024 [35] – визначення набрякання; BS EN 13183-1:2002 [36] – для визначення вологопоглинання; EN 408:2010 [37] – для визначення межі міцності при стисненні впоперек волокон.

Встановлено, що ацетилювання деревини сприяє зниженню сорбційних властивостей деревини (рис. 1). Це зменшення можна пояснити за рахунок зміни хімічної структури деревини під час проникнення оцтового ангідриду.

Зразки звичайної необробленої осики за 20 діб набрали 0,24 г вологи із повітря, що збільшило вміст вологи зразка на 16,55 %, а у зразків ацетильованих – на 9,74 %. У вільхи схожий результат – для необробленої вологопоглинання становить 27,41 % та 13,17 % для ацетильованої. Причому за перші 6 діб осика набрала найбільшу кількість вологи, а вільха – за другу половину експерименту продовжувала поступово набирати.

Проаналізовано величину набрякання. Для необробленої деревини (осики та вільхи) показник об'ємного набрякання на рівні 7,5 %. Щодо набрякання деревини після ацетилювання для осики воно зменшилось в 4 рази і становить 1,76 %. Для вільхи – 2 рази та 4,24 % відповідно.

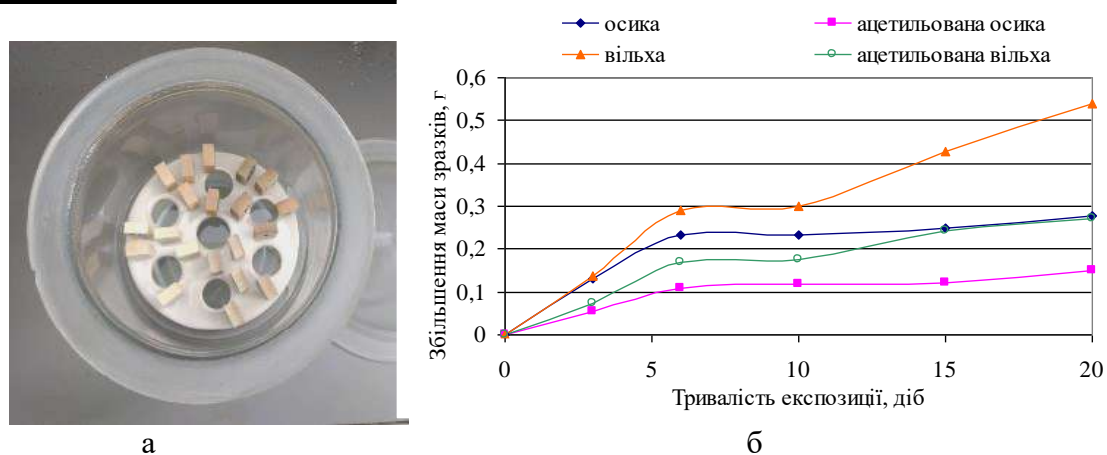


Рис. 1. Дослідження процесу вологопоглинання: а – витримування зразків в ексикаторі; б – динаміка зміни маси у вологому середовищі.

Виявлено, що вплив ацетилювання на межу міцності при стиску неоднозначний. Так, для осика показник міцності знизився на 3,2 % порівняно із необробленою – 12,7 МПа. Що ж стосується вільхи – тут спостерігається покращення показника. Якщо для зразків необробленої деревини міцність на стиск становила 18,9 МПа, то після ацетилювання значення показника зросло на 8 % і становить 20,4 МПа.

Що стосується характеру руйнування зразків, то осика (в обох варіантах) тільки зминається без видимих ознак руйнування. У деяких зразків вільхи помітне часткове відшарування – рис. 2.

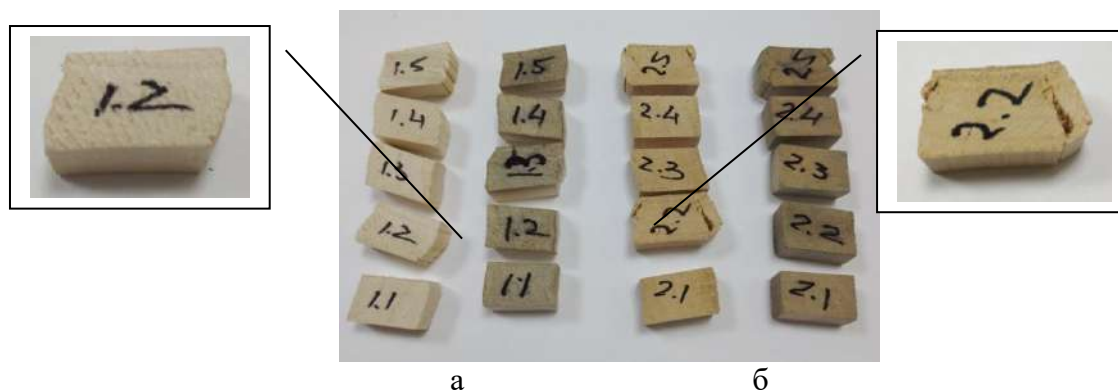


Рис. 2. Зразки деревини після випробування на стиск: а – осика; б – вільха.

Зростаючий потенціал ацетилюваної деревини як стійкого, надійного будівельного матеріалу може стати більш очевидним, оскільки деревина стає все більш прийнятною альтернативою сталі та бетону для високих будівель. У міру того як тривають пошуки шляхів будівництва більш екологічних і енергоефективних будівель, архітектори та будівельники розширюють традиційні межі будівництва з деревини.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Horbachova, O., Tsapko, Y., Mazurchuk, S., Tsapko, O. (2022). Mobile technology of thermal modification of wood. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 13(3). 22–31. Doi: 10.31548/forest.13(3).2022.22-31
2. Mantanis, G. (2017). Chemical modification of wood by acetylation or furfurylation: a review of the present scaled-up technologies. *BioResources*. 12(3). 4478–4489. Doi: 10.15376/biores.12.2.4478-4489

**ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЗАТВЕРДІЛИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ В ШЛАКОЛУЖНІЙ МАТРИЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРИВАЛОГО ВИЛУГОВУВАННЯ***Гузій С.Г., к.т.н., с.н.с.**Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища» НАН України*

Актуальним завданням екологічної безпеки є вирішення проблем утилізації продуктів сорбції від очищення рідких радіоактивних відходів низької та середньої питомої активності. Для цього найбільш доцільно використовувати лужно активовані цементні. При іммобілізації в них радіонуклідів, останні включаються в структуру цементного каменю як активний хімічний компонент і надійно зв'язуються в ньому. Завдяки наявності та високій сорбційній здатності тоберморитоподібних низькоосновних гідросилікатів кальцію, гідрогранатів та лужно-лужноземельних гідроалюмосилікатів цеолітового типу відбувається і фізичне блокування радіоактивних елементів. Радіаційні елементи не тільки формують структуру штучного каменю, але й виявляються заблокованими в тривимірній решітці цеолітової матриці, яка має великі енергетично ненасичені порожнини. Таким чином, на відміну від традиційної цементної, коли радіонукліди фіксуються лише механічно в матриці цементного каменю, цементация лужно активованими цементами дозволяє їх довготривалу фіксацію за рахунок адсорбції та хімічного зв'язування [1].

Наведені дані щодо визначення хімічної стійкості затверділих радіоактивних відходів в шлаколужній матриці за допомогою тривалого вилуговування є продовженням робіт, описаних в роботі [1]. Також в цих роботах наведені склади компаундів, їх умовні позначення, тощо. Сорбційну здатність шлаколужної матриці, модифікованої добавками магнетиту та цеоліту, визначали по коефіцієнту розподілу, який вираховували за формулою:

$$K_d = \frac{(A_0 - A_k)}{m} \cdot V, \quad (1)$$

де  $K_d$  – коефіцієнт розподілу, мл/г;  $A_0$ ,  $A_k$  – вихідна і кінцева активність води, Бк/мл;  $V$  – об'єм рідкої фази, мл;  $m$  – маса сорбенту, г.

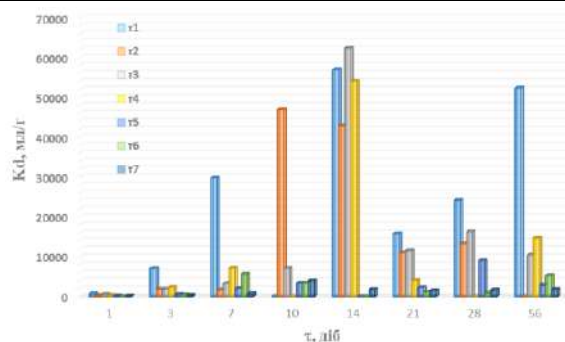
Швидкість вилуговування компаундів на основі шлаколужної матриці визначали за формулою [4]:

$$R_n^i = \frac{a_n^i}{A_0^i \cdot F \cdot t_n}, \quad (2)$$

де  $R_n^i$  – швидкість вилуговування, г/см<sup>2</sup>·доба;  $a_n^i$  – активність води після вилуговування за даний проміжок часу, Бк;  $A_0^i$  – вихідна активність зразків компаундів, Бк/мл;  $F$  – відкрита геометрична поверхня зразків компаундів, см<sup>2</sup>;  $t_n$  – тривалість n-го періоду вилуговування, діб.

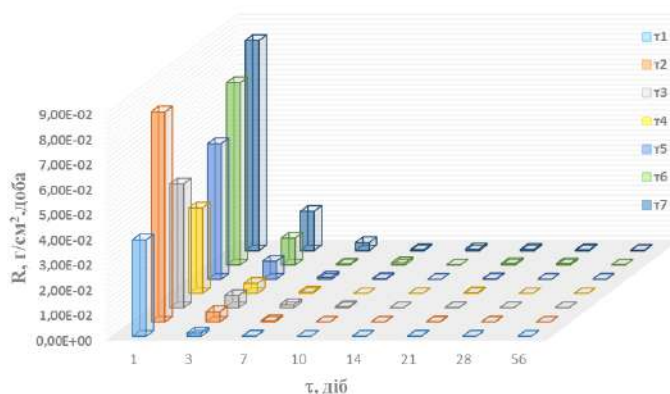
Зразки компаундів на основі лужного цементу на вилуговування в дистильованій воді за температури 15 °С досліджували протягом 1, 3, 7, 10, 14, 21, 28 і 56 діб. Підготовку зразків, їх геометричну поверхню та співвідношення твердої та рідкої фаз виконали згідно вимог стандарту [2].

Як видно з даних рис. 1, найбільші значення сорбційної здатності (від 42000 до 68000 мл/г) модифікованої шлаколужної матриці проявляються на 14 і 56 добу випробувань і характерні для компаундів, що вміщують магнетит в кількості від 5 до 8,3 %, цеоліт – від 4,2 до 7,5 % і радіоактивний відхід від 10 до 15 %.



**Рис. 1. Сорбційна здатність шлаколувної матриці, модифікованої добавками магнетиту та цеоліту, по коефіцієнту розподілу.**

Як видно з даних рис. 2, на першу добу вилуговування найбільш високим показником швидкості ( $8,35E-02$  г/см<sup>2</sup>·доба) характеризуються компаунди, що вміщують в своєму складі магнетит від 5 до 8,3 %, цеоліт від 4,2 до 5 % і радіоактивний відхід від 15 до 17,5 %.



**Рис. 2. Швидкість вилуговування компаундів на основі модифікованої шлаколувної матриці.**

В по-дальші строки витримки зразків компаундів у дистильованій воді (до 56 дів), швидкість вилуговування експонентно згасає до значень  $3,45E-05$  –  $9,62E-06$  г/см<sup>2</sup>·доба, тільки в шлаколувному компаунді, що містить магнетит і цеоліт до 5% і радіоактивний відхід 17,5 % значення  $R$  залишаються достатньо високими –  $1,17E-04$  г/см<sup>2</sup>·доба. Ймовірно, що в даному складі компаунду ще продовжуються процеси, що пов'язані з хімічним зв'язування радіонуклідів у тривимірній решітці лужно-лужноземельних гідроалюмосилікатів цеолітового типу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Guzii, S. Zlobenko, B. (2023). Application of alkali activated cements for immobilization of dry low-level radioactive waste containing copper ferrocyanide. Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions. 3–8. Doi: <https://doi.org/10.21303/2585-6847.2023.003200>
2. ГОСТ 29114-91. Відходи радіоактивні. Метод вимірювання хімічної стійкості затверділих радіоактивних відходів за допомогою тривалого вилуговування.

## ЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ЦІАНОБАКТЕРІЙ

*Дігтяр С.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Никифоров В.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Мальований М.С.<sup>2</sup>, д.т.н., професор,  
Гуглич С.І.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Krusir G.<sup>3</sup>, к.т.н., професор*

<sup>1</sup>Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,

<sup>3</sup>University of Applied Sciences and Arts Northwestern

Останнім часом постає проблема збагачення води біогенними речовинами внаслідок антропогенної діяльності, зокрема збільшення вмісту доступних форм азоту, фосфору та вуглецю, що сприяє зростанню біопродуктів водоростей та інших масових форм водних організмів. Це явище відоме як «культурна евтрофікація». Одним із дієвих заходів протидії «цвітінню» природних водойм може бути своєчасне видалення із води значної частини надлишкової біомаси ціанобактерій (або синьозелених водоростей) із подальшим її ефективним використанням у економіці. Нами досліджувались аспекти розробки безвідходної біотехнології отримання біопалива 2-го покоління (газової суміші, що містить метан) із нового відновлюваного субстрату – біомаси ціанобактерій. Також досліджувались аспекти подальшого застосування дигестату як органічного та мінерального добрива для потреб сільського та лісового господарств. Розкрито та досліджено фізико-хімічні аспекти біометаногенезу; встановлено послідовність біохімічних реакцій при одержанні біогазу із синьозелених водоростей та визначено їх особливості. Визначено видовий склад вихідного субстрату для біометаногенезу та його мікробіологічні властивості. Встановлено хімічний склад зразків біогазу різного походження та проведено порівняльний аналіз їх фізичних властивостей. Традиційну біотехнологію виробництва біогазу удосконалили за рахунок використання нового субстрату – надлишкової органіки гідробіонтів з «цвітучих» плям, яка складається переважно із біомаси ціанобактерій. Розроблено новий екологічно безпечний технологічний процес, що забезпечує раціональне використання природних ресурсів. Обґрунтовано доцільність використання біомаси ціанобактерій, що нарощується під час «цвітіння» водойм. Визначено еколого-економічне значення синьозелених водоростей та перспективи використання їх біомаси, обґрунтовано наукові основи безпечної переробки біомаси ціанобактерій. Віртуальний комплекс технологічного процесу виробництва метану та добрив із моно- та мультисубстратів на основі біомаси ціанобактерій та інших форм маси гідробіонтів, а також традиційних джерел органічних речовин (відходів харчової промисловості та сільського господарства, листового опаду із зелених зон населених пунктів, активного мулу очисних споруд тощо). Результати досліджень та практичні рекомендації знаходять своє застосування в природоохоронній діяльності на території природно-заповідного фонду України та об'єкта заповідного фонду – парку «Ювілейний», пам'ятки садово-паркового мистецтва м. Кременчука, а також на очисних спорудах комунального підприємства "Кременчукводоканал".

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблено біотехнологію переробки масових форм гідробіонтів на прикладі ціанобактерій для отримання ряду цінних цільових продуктів.

1. З'ясовано еколого-економічне значення ціанобактерій та перспективи ефективного використання їх біомаси. Визначено видовий склад початкового субстрату

для біометаногенезу (*Microcystis aeruginosa*), біомаса якого на окремих ділянках водойми може досягати 70–100 г/м<sup>3</sup>.

2. Досліджено фізичні, хімічні та біологічні аспекти процесу біометаногенезу, встановлено послідовність біохімічних процесів при виробництві біогазу та з'ясовано їх особливості. Проведено моделювання процесу біометаногенезу в лабораторії, в результаті якого отримано перші зразки біогазової суміші з невеликих об'ємів (до 1 дм<sup>3</sup>) субстрату на основі біомаси гідробіонтів із «цвітучих» плям. Визначено хімічний склад зразків біогазу (вміст метану до 73%) та проведено порівняльний аналіз їх фізичних властивостей.

3. Створено новий безвідходний технологічний процес, який забезпечує раціональне використання природних ресурсів (надлишкової біомаси) та диверсифікує виробництво біопалива другого та третього покоління. Застосування запропонованої біотехнології дозволяє суттєво зменшити негативні наслідки «цвітіння» природних і штучних водойм регіону, а також отримати цінні енергетичні продукти у вигляді біометану, біодизеля, біодобрив та ряду перспективних для використання органічних речовин в косметиці, фармакології та хімії.

4. Обґрунтовано наукові основи екологічно безпечної біотехнології переробки ціанобактерій, ефективність використання для субстрату біомаси інших масових форм гідробіонтів (вища водна рослинність, морські макрофіти та ін.), а також мультисубстратних сумішей (листяні опади, активний мул, стічних води молокопереробних підприємств, тваринництва), у яких співвідношення C:N наближається до значень 10:1 – 30:1.

5. Створено проект біометаногазової установки та розроблено технічні умови процесу переробки масових форм гідробіонтів із отриманням метану та органо-мінеральних добрив. За розробленою схемою на базі лабораторії екологічної біотехнології та біоенергетики Кременчуцького національного університету побудовано експериментальний дослідний біогазовий реактор.

6. Досліджено використання різних субстратів для отримання біогазової метановмісної суміші. Зроблено критичний аналіз результатів теоретичних та практичних досліджень. Розроблено технічні умови на цільові продукти біотехнології – біогаз та органо-мінеральні добрива.

7. Розроблено математичну модель процесу біометаногенезу методом центрального композиційного поворотного планування повного факторного експерименту із зоряними точками. Створено віртуальний комплекс технологічного процесу виробництва метану та добрив на основі моно- та мультисубстратних сумішей, в якому можуть використовуватися як масові форми гідробіонтів, так і традиційні джерела органічної речовини (відходи сільського та лісового господарства).

8. Розраховано техніко-економічний ефект біоконверсії органічної маси ціанобактерій. Економія витрат на виробництво біометану за рахунок субстрату, (оскільки біомаса ціанобактерій безкоштовна) становить не менше 42 грн/т. Додатковий прибуток – за рахунок оплати відповідними підприємствами переробки своїх відходів, які транспортуються на біогазові станції комунального призначення також за рахунок власника.

## РОЗРОБКА ЕПОКСИДНИХ СКЛОПЛАСТИКІВ ЗІ ЗНИЖЕНОЮ ГОРЮЧИСТЮ

*Карандашов О.Г., PhD,  
Авраменко В.Л., к.т.н., професор,  
Підгорна Л.П., к.т.н., доцент*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

У багатьох галузях промисловості і техніки, де використовуються полімерні композиційні матеріали (ПКМ), до них пред'являються жорсткі вимоги з вогнестійкості або горючості.

До вогнестійких матеріалів відносять такі, що втрачають менше 20 % органічного компоненту і горять самостійно після припинення підпалювання не більше 30 с; до тих, що самозатухають – матеріали, які втрачають менше 8 % органічного компонента і гаснуть моментально; до негорючих – матеріали, які не запалюються після двох підпалювань протягом 2,5 хвилин [1].

Для формування виробів зі склопластиків найбільше застосування знайшов метод намотування, який використовується в авіа- і ракетобудуванні для формування корпусів ракет і ракетних двигунів, а також фюзеляжів літаків, в хімічній промисловості - для виготовлення апаратів, ємностей, трубопроводів.

Перед нами стояло завдання зниження горючості епоксидних склопластикових виробів, одержаних методом намотування в режимі гарячого затверднення, які в звичайних умовах одержання відносяться до горючих матеріалів. Необхідно було одержати матеріали і вироби з них, що важко згорають або самозагасають.

Вогнебезпечність або горючість ПКМ визначали за стандартом UL-94, за стійкістю до дії розпечення згідно ASTM D635 (жаростійкість за Шрамом і Цебровським). Одночасно вивчали фізико-механічні властивості затверднених зв'язних і склопластиків на їх основі.

Вихідне епоксидне зв'язне містило епоксидний олігомер CHS-Ероху 520, твердник модифікований метилтетрагідрофталевий ангідрид і прискорювач 2,4,6 - трис (диметиламінометил) фенол.

Як вогнетривкі наповнювачі використовували амоній молібденовокислий (АМК), поліфосфат амонію (ПФА), триоксид сурми, борат цинку, тригідрат оксиду алюмінію, лужний карбонат магнію, воластоніт, графіт у кількості 1–5 % мас. від маси зв'язного ПКМ, які вводили до складу композицій як в індивідуальному вигляді, так і у вигляді сумішей. Тверднення ПКМ здійснювали при температурі 110 °С протягом 1,5–3 годин. Результати випробувань наведені у таблиці 1.

Найменш горючими за усіма обраними показниками оцінки горючості ПКМ виявилися композити, що вміщували по 5 % мас. поліфосфату амонію, амоній молібденово кислого, борату цинку та суміші: 2,5 % мас. триоксиду сурми + 2,5 % мас. борату цинку, 2,5 % мас. воластоніту + 2,5 % мас. борату цинку.

Ці композити можна віднести до категорії важкогорючих та замозатухаючих матеріалів. Зразки ПКМ з цими наповнювачами мають і досить високі показники фізико-механічних властивостей.

В результаті досліджень одержані оптимальні склади композицій, що дозволяють виробляти склопластикові вироби зі зниженою горючістю та високими міцносними показниками методом намотування, які можна віднести до категорії таких, що важко горять.



Таблиця 1. Властивості епоксидного ПКМ з різними наповнювачами

№ полімерного зразка	Наповнювач	Вміст наповнювача, % мас.	Випробування за стандартом UL-94	Стійкість до дії розпечення за Шрамом та Цебровським, бал	Руйнівна напруга при вигині, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>
1	Без наповнювача	0	V-1	2	45	5
2	АМК	1	V-1	3	55	24
3	АМК	3	V-1	3	46	14
4	АМК	5	V-0	3	37	2,5
5	ПФА	1	V-1	3	56	11
6	ПФА	3	V-1	3	50	20
7	ПФА	5	V-0	3	80	14
8	Триоксид сурми	1	V-1	3	94	6
9	Триоксид сурми	3	V-1	3	60	6
10	Триоксид сурми	5	V-0	3	58	4
11	Борат цинку	3	V-1	3	60	7
12	Борат цинку	5	V-0	3	80	6
13	Тригідрат оксиду алюмінію	3	V-1	3	50	7
14	Тригідрат оксиду алюмінію	5	V-1	3	29	4
15	Лужний карбонат магнію	1	V-1	3	30	5
16	Лужний карбонат магнію	3	V-1	3	30	3,5
17	Лужний карбонат магнію	5	V-1	3	32	3,5
18	Воластоніт	1	V-1	3	61	18
19	Воластоніт	3	V-1	3	44	15
20	Воластоніт	5	V-1	3	48	16
21	Графіт	3	V-1	3	53	5
22	Графіт	5	V-1	3	50	4
23	триоксиду сурми + АМК	2,5+2,5	V-1	3	45	6
24	воластоніт + борат цинку	2,5+2,5	V-1	4	60	10
25	Триоксид сурми + борат цинку	2,5+2,5	V-1	4	55	8
26	Триоксид сурми + ПФА	2,5+2,5	V-1	3	60	6
27	АМК + ПФА+ воластоніт	1,6+1,7+1,6	V-1	3	50	10

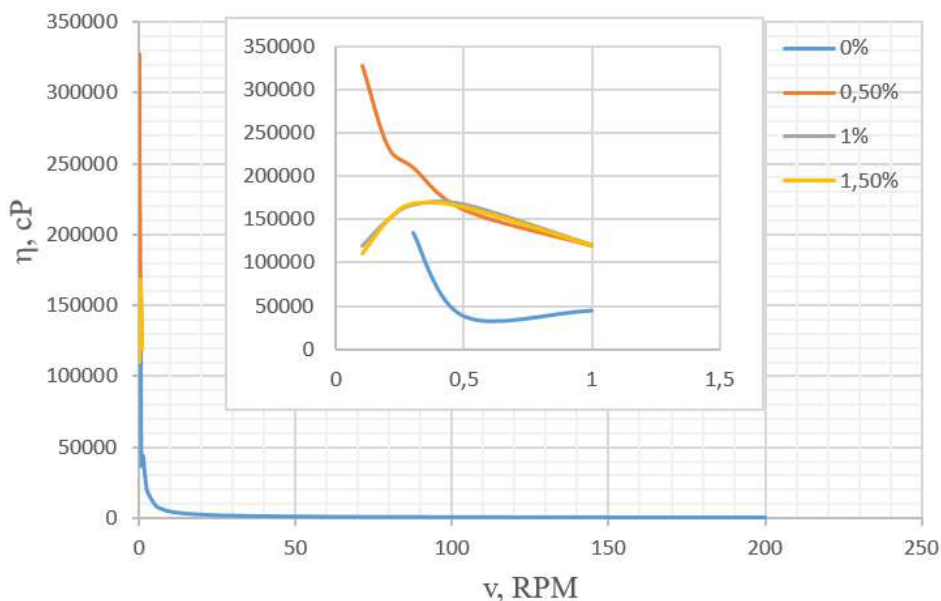
**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ МАГНІЮ ГІДРОФОСФАТУ НА РЕОЛОГІЧНІ  
ВЛАСТИВОСТІ ВОГНЕЗАХИСНИХ ФАРБ НА АЛЮМОСИЛКАТНІЙ ОСНОВІ***Курська Т.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,**Григоренко Н.В.<sup>2</sup>, к.держ.упр., доцент**<sup>1</sup>Національний університет «Одеська політехніка»,**<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Від російської агресії в результаті арт і ракетних обстрілів страждають не тільки людські ресурси, алей матеріальні – будівлі, споруди, тощо. Особливо вразливими є дерев'яні конструкції, які, окрім руйнування, ще й здатні до горіння та розповсюдження осередків вогню. У зв'язку з цим актуальним на сьогодні є вогнезахист існуючих дерев'яних конструкцій і виробів [1–3]. Найбільш доцільно застосовувати вогнезахисні фарби на алюмосилікатній основі, які відрізняються від інших своєю екологічністю за рахунок того, що при дії полум'я з їх структури виділяються газоподібні продукти у вигляді водяного пару. Такі фарби, за рахунок модифікації складу неорганічними речовинами, ще й мають високу водо- та атмосферостійкість, здатність до супротиву сонячної радіації. Так як подібні фарби відносять до високо наповнених суспензій, то постає питання дослідження їх реологічних характеристик. Дані характеристики дозволять визначитися не тільки зі способами їх нанесення на дерев'яну поверхню, алей запобігти виникненню дефектів фарбового покриття.

У якості алюмосилікатної основи використали достатньо апробовану суспензію виду  $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{SiO}_2\cdot 20\text{H}_2\text{O}$  [4, 5], яка відрізняється від подібних алюмосилікатних структур наявністю в продуктах тверднення цеолітоподібних фаз типу гейландита. Наявність даної фази сприяє утворенню дрібнопористого алюмосилікатного каркасу, що формується при двох ступінчатій дегідратації гейландиту в діапазоні температур 220–750 °С. Підвищити температуростійкість такого каркасу та час його супротиву дії температур можливо за рахунок введення магній вміщуючих добавок. Серед різноманіття магнієвих сполук було обрано  $\text{MgHPO}_4$ . Вибір базувався, насамперед, ймовірністю утворення в структурі фарби алюмомагнієвих гідросилікатів, котрі при дегідратації здатні утворювати температурно стійкі фази типу кордієриту та фази, аналогічні кальцієвим фосфоатам.  $\text{MgHPO}_4$  здатен утворювати кристалогідрати, що, в свою чергу, сприятиме додатковій поризації алюмосилікатної основи.

У даній роботі розглянуто вплив магнію гідрофосфату на реологічні властивості вогнезахисних фарб. Магній гідрофосфат вводили в склад композиції в кількості 0,5 і 1,5 %. Реологічні характеристики знімали на віскозиметрі Брукфільда LVDV2T з використанням шпинделю LV-3C(67) в діапазоні швидкостей 0,1-200 RPM.

Як видно с рисунка, значення динамічної в'язкості не модифікованої алюмосилікатної фарби при збільшенні швидкості обертання шпинделю зменшуються по експонентній залежності від 134800 до 553,8 сР. Уведення до складу основи фарби магнію гідрофосфату в кількості від 0,5 до 1,5 % в діапазоні швидкостей від 0,35 до 1 RPM сприяє лінійному зменшенню значень динамічної в'язкості від 164500 до 120000 сР. Значення динамічної в'язкості модифікованих вогнезахисних фарб у зазначеному діапазоні перевищує в 1,4, 4,4 і 26,8 раз значення не модифікованої основи фарби. Загущення алюмосилікатної основи фарби відбувається за рахунок утворення в її структурі, окрім алюмосилікатних з'єднань, за температур 20 °С магнію гептагідрату -  $\text{MgHPO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , при 36 °С - магнію тригідрату -  $\text{MgHPO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  густиною 2,10 г/см<sup>3</sup>; в процесі спучення при температурі 225 °С йде утворення магнію моногідрату  $\text{MgHPO}_4\cdot \text{H}_2\text{O}$  густиною 2,32 г/см<sup>3</sup>.



**Рис. 1. Вплив добавок магнію гідрофосфату на зміну динамічної в'язкості вогнезахисної алюмосилікатної фарби.**

Зазначені процеси структуроутворення вимагають приділити увагу і засобам нанесення таких фарб на дерев'яні поверхні. Із-за підвищених значень динамічної в'язкості модифікованих магнієм гідрофосфатом алюмосилікатних основ у діапазоні швидкостей від 0,021 до 0,105 RPM лінійно зростають зусилля зсуву, а саме: при 0,5 % добавки від 68,8 до 169,3 дин/см<sup>2</sup>; при 1 % добавки від 24,95 до 176,45 дин/см<sup>2</sup>; при 1,5 % добавки від 23,18 до 172,4 дин/см<sup>2</sup>, що, в середньому, в 3,92 рази вище значень вихідної основи фарби. Враховуючі ці дані, можна рекомендувати для нанесення таких фарб пневморозпилювачі зі шнековою подачею фарби.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Guzii, S. (2021). Studies of the effect of viscosity stabilizers of fire-retardant aluminosilicate paints for wood products and structures. *Journal of Modern Technology and Engineering*. 6. 1. 24–33.
2. Guzii, S. (2022). Fire Protection of Wood and Structures with Mineral Paints. *Trends Tech Sci Res*. 5(5). 555671. Doi: 10.19080/TTSR.2022.05.555671
3. Guzii, S. (2023). Reducing the Combustibility of Wood Products by Treating their Surface with Intumescent Paints on a Water-Dispersion Basis. *Trends Tech Sci Res*. 6(1). 555676. Doi: 10.19080/TTSR.2023.06.555676
4. Guzii, S., Bazhelka, I., Svitlychna, N., Lashchivskiy, V. (2020). Protection of Wood from Burning with Paints on Alkaline Aluminosilicates-Based. *Materials Science Forum*. 1006. 19–24. Doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.19
5. Guzii, S., Kurska, T., Otrosh, Y., Balduk, P., Ivanov, Y. (2021). Features of the organic-mineral intumescent paints structure formation for wooden constructions fire protection. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1162 012003. Doi 10.1088/1757-899X/1162/1/012003

## РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ПРОГНОЗУВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СОРБЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗОПОДІБНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Лесько А.С.,  
Мельниченко А.С., PhD,  
Кулаков О.В., к.т.н., доцент,  
Катунін А.М., к.т.н., с.н.с.*

*Національний університет цивільного захисту України*

При масштабних викидах небезпечних хімічних матеріалів для організації безпечної евакуації населення та матеріальних цінностей, забезпечення безпеки праці рятувальників необхідним є прогнозування можливих наслідків хімічного забруднення.

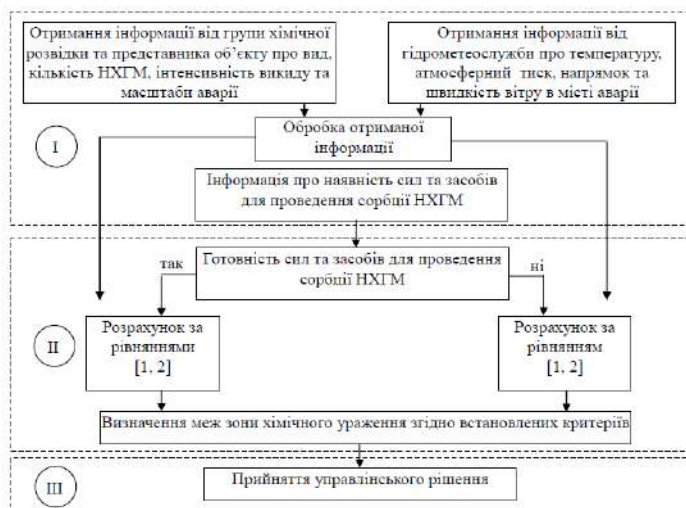
Особливо необхідним процес прогнозування стає при виникненні надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних хімічних газоподібних матеріалів (НХГМ). Для забезпечення достатньої точності розрахунку розмірів зон можливого хімічного забруднення необхідне врахування значної кількості факторів, які умовно можна розподілити на два блоки – метеорологічні умови (напрямок та швидкість вітру, температура та вологість повітря, атмосферний тиск) та параметри викиду (вид НХГМ, її температура, густина та тиск зберігання, інтенсивність викиду). В роботі розглядаються «легкі» НХГМ – такі, що мають густину меншу за атмосферного повітря: аміак, метан, чадний газ тощо.

В роботах [1, 2] запропоновано математичну модель прогнозування розміру зони викиду НХГМ при різних умовах сорбції НХГМ водою з хмари. Моделювання динаміки сорбції таких газів в повітрі здійснювалось на основі гаусових моделей з урахуванням обмежень, що викид НХГМ є точковим з постійною інтенсивністю. В якості основної складової моделі, що враховувала осадження, розглядався процес сорбції НХГМ дрібнодисперсним потоком. Програмна реалізація отриманих теоретичних результатів здійснювалась на базі платформи DELPHI з інтеграцією інтерактивної мапи місцевості.

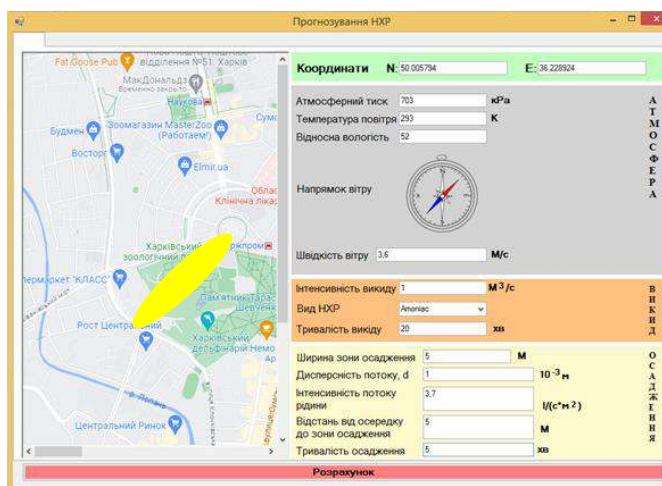
З метою інтеграції розроблених математичних моделей динаміки НХГМ в практичну діяльність в роботі запропоновано алгоритм прогнозування інтенсивності сорбції НХГМ, що викидаються в атмосферу внаслідок аварії, який базується на рівняннях з [1, 2] (рис. 1).

Алгоритм прогнозування інтенсивності сорбції водяними струменями НХГМ, що викидаються в атмосферу внаслідок аварії, складається з трьох блоків: моніторинг зони аварії, прогнозування наслідків аварії, прийняття управлінського рішення. Блок моніторингу зони аварії (викиду НХГМ) включає збір та обробку даних щодо метеорологічних умов в зоні аварії, характеру пошкодження технологічного обладнання, виду та кількості НХГМ, наявних у розпорядження сил та засобів всіх служб цивільного захисту для проведення сорбції НХГМ. Блок прогнозування включає введення отриманих вхідних параметрів та розрахунок розмірів зони хімічного ураження в залежності від кількості та послідовності розповсюдження та сорбції НХГМ. Блок прийняття управлінського рішення включає визначення критерію безпеки, географічного розташування границь зони ураження та визначення заходів щодо ліквідації аварії та евакуації населення.

Для практичного використання розробленого алгоритму прогнозування інтенсивності сорбції водяними струменями НХГМ, що викидаються в атмосферу внаслідок аварії, розроблено програмний комплекс «Прогноз НХГМ», інтерфейс якого приведений на рис. 2.



**Рис. 1. Алгоритм прогнозування інтенсивності сорбції НХГМ, що викидаються в атмосферу внаслідок аварії.**



**Рис. 2. Інтерфейс програмного комплексу «Прогноз НХГМ».**

Інтерфейс програмного комплексу «Прогноз НХГМ» умовно розділений на декілька окремих робочих областей. Найбільшу частину займає інтерактивна карта місцевості, інтегрована із сервісом Google Maps. Другим блоком інтерфейсу є блок «Атмосфера», в який вносяться найбільш значущі метеорологічні параметри атмосфери: температура, тиск, швидкість та напрямок вітру. В третій блок виведені параметри викиду НХГМ, які обираються з вкладеної електронної бібліотеки. Останній блок інтерфейсу призначений для введення параметрів сорбції НХГМ: ширину зони сорбції, інтенсивність та дисперсність сорбенту (водяного потоку), відстань від осередку викиду до початку зони сорбції.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кустов М.В., Басманов О.Є., Тарасенко О.А., Мельниченко А.С. Прогнозування масштабів хімічного ураження за умов осадження небезпечної речовини. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. Вип. 33. С. 72–83.
2. Melnychenko, A., Kustov, M., Basmanov, O., Tarasenko, O. et al. (2022). Devising a Procedure to Forecast the Level of Chemical Damage to the Atmosphere during Active Deposition of Dangerous Gases. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 1(10(115)). 31–40.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГЕЛЕУТВОРЕННЯ  
У ВОГНЕЗАХИСНИХ КОМПОЗИЦІЯХ СИСТЕМИ ЗОЛІ  $\text{SiO}_2$  –  
ФОСФАТОВМІСНА ДОБАВКА**

*Лисак Н.М.<sup>1</sup>, аспірант,  
Скородумова О.Б.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Чернуха А.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Кочубей В.В.<sup>2</sup>, к.х.н., доцент*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>Львівський національний університет «Львівська політехніка»

Пожежі, що виникають під час горіння деревини, можуть становити серйозну загрозу для життя і здоров'я людини, а також призводити до значних матеріальних збитків. Тому впровадження нових технологій вогнезахисту та пошук надійних і дієвих антипіренів для цього будівельного матеріалу завжди будуть актуальними та важливими [1]. Однією із умов утворення ефективного вогнезахисного покриття для деревини є наявність у його складі стійких до термічного розкладу та енергетично стабільних хімічних зв'язків, наприклад силікофосфатних. Для добування вогнезахисних композицій, що містять зв'язки Si-O-P, часто використовують золі кремнезему. Прекурсорами Фосфору при цьому зазвичай виступають фосфорганічні речовини, оскільки важливим у даному контексті є утворення спученого карбонізованого шару, що запобігає розповсюдженню полум'я. Проте токсикологічні дослідження [2] виявили небезпеку використання таких сполук, адже ці компоненти не зв'язані хімічно з матеріалом, що захищається, і можуть вивільнитися у навколишнє середовище через вплив несприятливих кліматичних факторів або надмірних механічних навантажень.

Більш безпечними для довкілля антипіренами вважаються неорганічні фосфорвмісні сполуки. Зокрема, як компонент вогнезахисних складів привертає увагу ортофосфатна кислота. Відомо, що ця речовина відіграє роль сполучної системи при утворенні формованих вогнетривів [3], тобто можна прогнозувати ефективність вогнезахисних складів на її основі.

За результатами раніше проведених досліджень [4] встановлено, що буферні системи підвищують плинність золів кремнієвої кислоти. З іншого боку, є дані про здатність ортофосфатної кислоти утворювати у водному середовищі буферну пару  $\text{H}_2\text{PO}_4/\text{HPO}_4^{2-}$ . Цей факт доповнює аргументацію у виборі фосфорвмісної модифікувальної добавки кремнеземвмісної вогнезахисної композиції. Отже, метою роботи було дослідження впливу ортофосфатної кислоти на процеси гелеутворення в гелях  $\text{SiO}_2$ , а також вивчення структури вогнезахисних покриттів на їх основі.

Золі кремнієвої кислоти одержували змішуванням розчинів рідкого скла та оцтової кислоти. Вплив концентрації ортофосфатної кислоти (1, 2, 4 та 8 масових %) на реологічні властивості композицій вивчали методом спектрофотометрії (фотоколориметр КФК-2, довжина хвилі 490 нм). Золі з малими кількостями  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (1–2 %) мали рН 6 та втрачали текучість в інтервалі 45–70 хвилин - при цьому реалізувався лінійний механізм поліконденсації, що є передумовою для утворення покриттів з однорідною структурою. Збільшення вмісту добавки (4–8 %, рН 3–4) призводило до різкого зростання значень оптичної густини та розширювало інтервал живучості золів до 24 год (8 %).

Гелі кремнезему піддавали термообробці при 800 °С (витримка при максимальній температурі 2 год., швидкість підйому температури 4–5 °С/хв). Для сирих та термооброблених зразків здійснювали реєстрацію ІЧ-спектрів поглинання на

інфрачервоному спектрофотометрі FTIR-8400S (Shimadzu), що споряджений приставкою QATR 10 (Shimadzu) в діапазоні  $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$ . Величину ступеня поліконденсації оцінювали за відношенням інтенсивності (I) та ширини смуги (d) при  $1050\text{ см}^{-1}$ , що відповідає коливанням зв'язків Si-O-Si. За результатами порівняння показника I/d було підтверджено факт утворення лінійних силоксанових ланцюгів при введенні малих добавок  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

За даними ІЧ спектроскопії було ідентифіковано фазовий склад термооброблених гелів та встановлено його залежність від механізму поліконденсації. Для спектрів модифікованих композицій із вмістом ортофосфатної кислоти 2 % було зафіксовано зменшення інтенсивності смуги при  $1050\text{ см}^{-1}$  та збільшення її ширини. Це є підставою стверджувати про утворення однорідної структури покриття завдяки лінійному механізму поліконденсації, і відповідно прогнозувати його ефективну поведінку під час пожежі.

На ІЧ-спектрі термообробленого гелю з добавкою 8 %  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в області  $3200\text{--}3400\text{ см}^{-1}$  з'являється достатньо велика смуга поглинання коливання зв'язків O-H, яка вказує на наявність клатратів води в структурі гелю  $\text{SiO}_2$  та свідчить про утворення сітчастої структури. Високі концентрації ортофосфатної кислоти ініціюють кислотний механізм поліконденсації за участі іону гідроксонію і не можуть забезпечити утворення надійного вогнезахисного покриття.

Експериментальні двошарові покриття наносили на поверхню деревини ванним методом. Після нанесення кожного шару композиції дослідні зразки висушували нагріванням у сушильній шафі при температурі  $80\text{ }^\circ\text{C}$ . Структуру отриманих вогнезахисних покриттів оцінювали за допомогою оптичного мікроскопа. Встановлено, що найбільш рівномірне та суцільне покриття утворюється при використанні золю  $\text{SiO}_2$  із вмістом  $\text{H}_3\text{PO}_4$  1 %, що є додатковим аргументом для обґрунтування складу вогнезахисної кремнеземвмісної композиції з малими добавками розглянутого фосфорвмісного компоненту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Mali, P., Sonawane, N., Patil, V., Lokhande, G.P., Mawale, R., Pawar, N.S. (2021). Morphology of wood degradation and flame retardants wood coating technology: an overview. *International Wood Products Journal*. 1. 13. 21–40.
2. Yao, C., Yang, H., Li, Y. (2021). A review on organophosphate flame retardants in the environment: Occurrence, accumulation, metabolism and toxicity. *Science of the Total Environment*. 795. 148837.
3. Leber, T., Kenn, D., Matt, F., Scheller, M., Tonnesen, T., González-Julián, J. (2024). Phosphate-bonded refractories in hydrogen containing atmosphere. *Open Ceramics*. 17. 100511.
4. Skorodumova, O., Tarakhno, O., Babayev, A.M., Chernukha, A., Shvydka, S. (2023). Study of Phosphorus-Containing silica coatings based on liquid glass for fire protection of textile materials. *Key Engineering Materials*. 954. 167–175.

## ВПЛИВ ДОБАВОК $H_3PO_4$ ТА ФЕНОЛУ НА ГЕЛЕУТВОРЕННЯ В КРЕМНЕЗЕМИСТИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТЯХ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Лисак Н.М.<sup>1</sup>, аспірант,  
Скородумова О.Б.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Чернуха А.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Курепін В.М.<sup>2</sup>, к.е.н. (PhD), доцент*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Миколаївський національний аграрний університет

Проблема вогнезахисту деревини завжди була актуальною. З огляду на зростаючі вимоги до безпеки будівель та необхідність збереження природних ресурсів, сьогодні вогнестійкі властивості цього матеріалу стають ще більш важливими і ключовими у сфері матеріалознавства та будівництва.

Одним із поширених методів захисту деревини від вогню є її обробка композиціями на основі фенолформальдегідних смол. При цьому стійкість до дії високих температур забезпечується переважно наявністю ароматичних кілець, що мають стабільну хімічну будову і мало схильні до реакцій окиснення. Певну роль відіграє і жорстка тривимірна структура, утворена циклічними бензеновими фрагментами, що також протистоїть термічним навантаженням. Вміст Карбону в ароматичних сполуках доволі високий, що сприяє утворенню під час горіння ефективного об'ємного карбонізованого шару, доволі важливого для вогнезахисту [1].

Але при дії високих температур на фенолформальдегідні смоли часто виділяється залишковий вільний метаналь. Це може спричинити подразнення верхніх дихальних шляхів, очей, шкіри, а при вдиханні значних кількостей – зумовлювати канцерогенну дію. У 2023 році Регламентом ЄС про хімічні речовини та їх безпечне використання (European REACh regulation) було введено обмеження на формальдегід та сполуки, що його виділяють. Відповідно зросла кількість робіт, присвячених зменшенню вмісту вільного формальдегіду в таких антипіренах.

Так, як основні вогнезахисні властивості забезпечують ароматичні фрагменти, логічно було б використовувати фенол як окремий компонент у складі протипожежної композиції. З точки зору токсичності фенол є порівняно безпечним, що зокрема підтверджується його застосуванням у фармацевтичній галузі.

Об'єктом вивчення попередніх досліджень [2] були антипіренові властивості покриттів для целюлозних матеріалів на основі кремнезему з додаванням ортофосфатної кислоти. Було відзначено позитивний вплив від введення добавки – значно підвищувалася вогнестійкість експериментальних зразків. Враховуючи, що фенол та фосфорвмісні компоненти здатні синергічно підвищувати вогнестійкість [3], було вирішено дослідити сумісний вплив цієї ароматичної сполуки та ортофосфатної кислоти на реологічні властивості золів кремнієвої кислоти, а також тип поліконденсації в гібридних гелях  $SiO_2$ , що є основою вогнезахисних покриттів для деревини.

Для добування золю кремнієвої кислоти використовували розчини рідкого скла та оцтової кислоти. Оптичні властивості та живучість золів досліджували при введенні до композиції добавки ортофосфатної кислоти (2 мас. %) та фенолу (0,1; 0,3 та 0,5 мас. %) за допомогою фотоколориметра КФК-2 при довжині хвилі 490 нм. Як розчин порівняння використовували дистильовану воду.

Інтервал живучості для чистого золю становив 46 хвилин, при введенні ортофосфатної кислоти – розширювався до 72 хвилин. При цьому спостерігалось



зниження оптичної густини. Ортофосфатна кислота є доволі сильною за першим ступенем дисоціації і утворює дигідрофосфати  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Ці йони є об'ємними і можуть створювати просторові ускладнення на шляху поліконденсації, приєднуючись до силанольних груп. Тому використання ортофосфатної кислоти як модифікатора призводить до ініціації переважно лінійної поліконденсації в експериментальних золях.

Криві змінення оптичної густини золів кремнієвої кислоти, що містили фенол, практично перекривали одна одну. Живучість золів зі збільшенням вмісту органічної добавки практично не змінювалися: для композиції з концентрацією фенолу 0,1 % становила 40 хвилин, 0,3 % – 38 хвилин, 0,5 % – 36 хвилин. Процес росту колоїдних частинок та їх агрегація в асоціати починалася приблизно через 20 хвилин.

Отримані гелі кремнезему піддавали високотемпературній обробці при 800 °С. Для сирих та термооброблених зразків гелів проводили реєстрацію ІЧ-спектрів поглинання з використанням інфрачервоного спектрофотометру FTIR-8400S (Shimadzu), що споряджений приставкою QATR 10 (Shimadzu) в діапазоні 400-4000  $\text{cm}^{-1}$ .

Для зразків, що містили ортофосфатну кислоту та фенол (вміст 0,1 та 0,3 %) відносні інтенсивності характеристичних смуг були практично однакові та майже не змінювалися порівняно із зразком, де  $\text{H}_3\text{PO}_4$  використовували як окрему добавку. Ймовірно, малі добавки фенолу не чинять значного впливу на процес поліконденсації.

Підвищення вмісту фенолу до 0,5 % призвело до різкого зменшення інтенсивності смуги при 1050  $\text{cm}^{-1}$ , тобто меншою ставала кількість силосанових зв'язків. Це, ймовірно, можна пояснити тим, що фенол заважає утворенню нових зв'язків Si–O за рахунок стеричного ефекту. Гіпотетично, фенол може зв'язуватися із  $\equiv\text{Si}-\text{OH}$  групами за донорно-акцепторним механізмом завдяки наявним неподіленим електронним парам Оксигену та вільним орбіталям Силіцію. Отже, при збільшенні вмісту фенолу до 0,5 % стає можливим синергічний вплив комплексної добавки ортофосфатної кислоти та фенолу на властивості кремнеземвмісної вогнезахисної композиції.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Kawalerczyk, J., Dziurka, D., Mirski, R., Trociński, A., Wieruszewski, M. (2019). The effect of phenol-formaldehyde adhesive modification with fire retardant on the properties of birch plywood. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Forestry and Wood Technology*. 106. 197–113.
2. Skorodumova, O., Tarakhno, O., Babayev, A. M., Chernukha, A., Shvydka, S. (2023). Study of Phosphorus-Containing silica coatings based on liquid glass for fire protection of textile materials. *Key Engineering Materials*. 954. 167–175.
3. Wu, M., Emmerich, L., Kurkowiak, K., Militz, H. (2023). Fire resistance of pine wood treated with phenol-formaldehyde resin and phosphate-based flame retardant. *Wood Material Science and Engineering*. 6. 18. 1933–1939.

**ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ОДЕРЖАННЯ ОКСИДІВ ВОЛЬФРАМУ З ВІДХОДІВ ПСЕВДОСПЛАВУ КАРБІДНОГО ТИПУ WC-Co**

*Ляшок Л.В.<sup>1</sup>, к.т.н., професор,  
Тулський Г.Г.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Васильченко О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Доронін Є.В.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>3</sup>Національний авіаційний університет

Кількість вторинних металів в світі з кожним роком зростає. Пропорційно збільшенню металофонду зростає кількість амортизаційного брухту та відходів виробництва. На машинобудівних і обробних підприємствах утворюються десятки тон вольфрамвмістних відходів.

В той же час для виробництва ріжучих інструментів використовуються тверді сплави, які складаються з карбіду вольфраму зцементованого невеликою кількістю кобальту. Широкого застосування знає псевдосплав вольфраму карбідного типу WC-Co (напайки, свердла та інші.), де вміст WC коливається від 90 до 94 %, а решту складає зв'язуючий метал підгрупи заліза – кобальт.[1]. Карбід вольфраму має високу твердість і зносостійкість. Але недоліком вольфрам-кобальтових сплавів є їх підвищена крихкість, яка зростає зі зменшенням вмісту кобальту в сплаві. За цією, чи іншою причиною утворюється велика кількість виробів з цих сплавів, що вийшли з ладу, і виникає проблема утилізації зношених і не придатних до подальшого використання виробів з твердих сплавів. Переробка брухту і відходів дозволяє повернути такі сплави в кругообіг. Розробка нових і вдосконалення існуючих технологій переробки вторинної сировини, що містить вольфрам, привертає увагу дослідників протягом багатьох років. Останнім часом інтенсивно досліджують електрохімічні методи розчинення сировини, оскільки вони є досить простими і економічно ефективними [2].

Електрохімічне розчинення сплавів на основі вольфраму можливе у лужних, кислих та органічних електролітах. Поведінка вольфраму сильно залежить від рН середовища та при значеннях  $\text{pH} \geq 7$  вольфрам переходить у розчин у вигляді  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ , а при  $\text{pH} \leq 7$  – у вигляді нерозчинних сполук WC,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{WO}_4$ . Отож, при виборі електроліту слід враховувати вимоги до кінцевого продукту.

Відомо, що для електрохімічного перероблення сплавів на основі вольфраму з металевими домішками придатні кислі електроліти. Залежно від складу електроліту, перероблення сплавів можна здійснювати декількома способами:

– у розчинах мінеральних кислот, зокрема,  $200 \dots 250 \text{ г/дм}^3 \text{ HNO}_3 + 80 \dots 120 \text{ г/дм}^3 \text{ HF}$ ,  $300 \dots 400 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4 + 80 \dots 120 \text{ г/дм}^3 \text{ HF}$ . Цей метод розроблений для селективного розділення сплавів, зокрема, W-Nb. При цьому ніобій переходить у розчин, вольфрам не розчиняється.

– у розчинах мінеральних кислот невисоких концентрацій ( $1 \dots 2 \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$ ). Цю технологію найдоцільніше застосовувати для електрохімічного перероблення псевдосплавів вольфраму карбідного типу з цементуючими металами підгрупи заліза. Залежно від значення потенціалу електрода, можна селективно електрохімічно розчиняти метали-домішки (залізо, нікель, кобальт, мідь) або окислювати карбід вольфраму до оксидів вольфраму з одночасним розчиненням сполучного металу [3].

Метою роботи, що розглядається, було розроблення методу перероблення псевдо сплавів марки ВК для отримання в якості цільового продукту порошків оксидів

вольфраму нижчих ступенів окислення, які з меншими витратами можливо відновлювати до металевого вольфраму.

На основі проведених досліджень було визначено, що селективне розчинення металу зв'язки (Co) відбувається в розчинах кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). У межах потенціалів 0,2–0,8 В у розчинах кислоти відбувається окислення вольфраму з одночасним розчиненням кобальту. За потенціалів більше 1 В відбувається ще й процес виділення кисню. Обрано робочу концентрацію кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 1 моль·дм<sup>-3</sup>.

Для проведення подальших досліджень, у якості відновника було обрано гексаметилентетрамін (гексамін,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ ). Введення в розчин 0,9 моль·дм<sup>-3</sup> гексаміну призводить до активації анодного розчинення кобальту, анодний струм зростає в 4 рази. Це вказує на селективне розчинення кобальту і пасивацію карбїду вольфраму, вся величина анодного струму витрачається на розчинення кобальту.

Виявилось, що область потенціалів –0,2...+0,2 В, відповідає селективному розчиненню компонента сплаву – кобальта, тоді як фаза карбїду вольфраму при цьому залишається в осаді. Адсорбція гексаміну на поверхні обмежує збільшення швидкості. Це призводить до збільшення товщини дифузійного шару.

Таким чином, проведені анодні дослідження показали, що для отримання порошку вольфраму або карбїду вольфраму, оксидів вольфраму нижчих ступенів окислення, які з меншими витратами можливо відновлювати до металевого вольфраму, та сульфату кобальту в розчині, доцільно застосовувати електроліт наступного складу – 1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 0,9 моль·дм<sup>-3</sup> гексаміну. Наявність органічного компоненту обумовлює зміну природи лімітуючої стадії, а також послідовність протікання процесів.

Дослідження анодних процесів та кінетичних закономірностей, показали, що анодний процес на сплаві WC-Co в електролітах  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$  є незворотнім, лімітуючою стадією в системі  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$  є стадія адсорбції.

Методами лінійної вольтамперометрії встановили, що селективне розчинення кобальтової складової псевдосплаву в досліджуваних розчинах відбувається при потенціалах, позитивніших за 0,2 В, а карбон видаляється з робочого електрода при потенціалі >0,8 В.

Визначено, що у сульфатній кислоті зі збільшенням концентрації кислоти від 1 до 5 моль·дм<sup>-3</sup> густина струму зменшується, що пов'язано з утворенням на поверхні анода суцільного поверхневого шару оксиду вольфраму, який пасивує поверхню;

Експериментальним шляхом встановлено, що при додаванні до розчину 1 моль·дм<sup>-3</sup>  $\text{H}_2\text{SO}_4$  гексаміну ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ ) можна блокувати процес утворення пасивуючої плівки  $\text{WO}_3$  та одержувати порошки вольфраму нижчих ступенів окислення;

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тульський Г.Г., Ляшок Л.В., Османова М.П. Перероблення техногенних відходів псевдосплаву WC-Co. Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2018. № 3. С. 23–28.
2. Tul'skij, G.G., Liashok, L.V., Osmanova, M.P., Kolupaev, I.N. (2020) Electrochemical Production of Tungsten Powders from Tungsten Hardmetal Waste. Powder Metallurgy and Metal Ceramics. Springer Nature. 58. 9–10. 499–502. URL: <https://doi.org/10.1007/s11106-020-00102-3>
3. Tul'skiy, G., Lyashok, L., Gomozyov, V., Vasilchenko, A., & Skatkov, L. (2022). Electrochemical Processing of Tungsten-Cobalt Pseudoalloys, Receiving Tungsten Powder for Modification of Aramid Tissue. Solid State Phenomena. 334. 3–12. URL: <https://doi.org/10.4028/p-ton2c1>

## ЩОДО МІЦНОСТІ КЛЕЙОВОГО З'ЄДНАННЯ В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Мазурчук С.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Горбачова О.Ю.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Буйських Н.В.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Матвійчук А.В.<sup>2</sup>, к.пед.н.*

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України,

<sup>2</sup>Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського

Склеювання є важливим технологічним етапом з'єднання в багатьох галузях промисловості, в меблевій в тому числі. Клейове з'єднання набуває все більшого інтересу у зв'язку зі збільшенням попиту на з'єднання різнорідних конструктивних елементів. Коли два матеріали знаходяться в контактї, важливе значення має правильне зчеплення між ними. Тому потрібно вдало поєднувати способи досягнення необхідної міцності зчеплення, навіть між різного роду деревними матеріалами. Зазвичай вироби з деревини та деревних матеріалів знаходяться в широких межах температурно-вологісних умов середовища. Їх поверхню можна захищати нанесенням лакофарбових матеріалів, в тому числі масло-восків [1]. Такий захід дещо подовжує термін експлуатації виробів. Також можна застосувати клейові композиції різного ступеня стійкості [2], що забезпечить розмірну стабільність елементів і надійність. У зв'язку з цим постає необхідність встановлення фізичних та механічних показників клейового шару залежно від впливу різних факторів середовища.

Для дослідження використовували облицьовані шпоном дуба основи MDF та ДСП з допомогою трьох клеїв – Rakoll Express (D3), Rakoll ECO-4 (D4), Woodmax WR 13.50M (D3) (WR). Склеювання відбувалось на вакуумному пресі – витримування упродовж 15 хв за температури 55 °С, тиск пресування 0,7 атм. Після технологічної витримки пресовані плити розрізали на зразки розміром 50x50 мм. Перед проведенням дослідів зразки розділили на 5 груп: 1 – контрольні зразки; 2 – витримування в умовах високої вологості; 3 – за підвищеної температури (+80 °С); 4 – за низької температури (-15 °С); 5 – комбінований вплив умов навколишнього середовища (вологість, висока та низька температура).

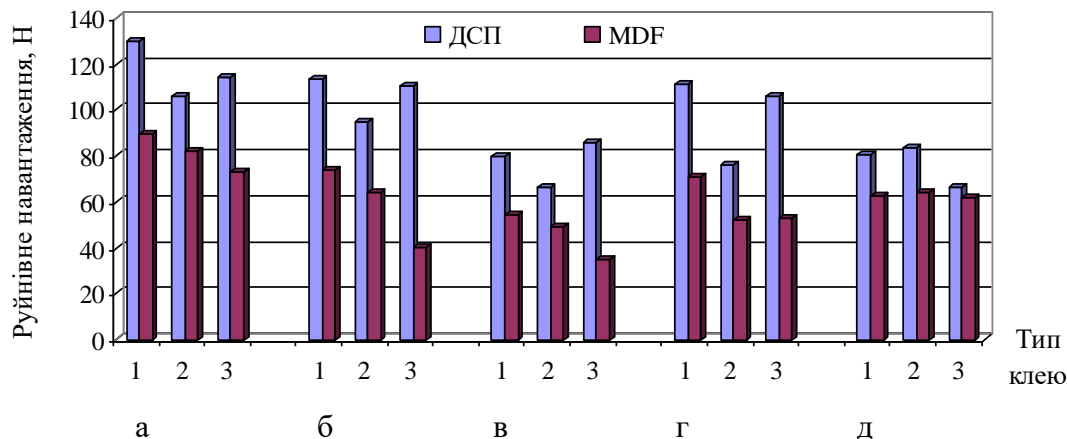
Визначення міцності клейових шарів проводили згідно з ISO 9653:1998.

Під час експозиції зразків в різних кліматичних умовах визначали зміну їх вологості по завершенні кожного циклу (тривалість циклу 6 днів). Найбільше відсоткове збільшення маси відбувається у зразків ДСП – 6,25 % проти 4,3 % для МДФ. Загалом маса зразків зменшилася лише на 1,84 %. В умовах низьких температур маса зразків практично не змінюється (маса зменшується на 0,77 %). При комбінованій умов середовища зразки ДСП і MDF демонструють зменшення маси на 3,72 та 2,99 % відповідно.

Очевидно, що у вологому середовищі спостерігається збільшення лінійних розмірів зразків для всіх типів клею і матеріалів. Найбільше збільшення для ДСП з клеєм D3 (до 5,25 % по довжині). При підвищеній температурі відбувається зменшення розмірів зразків для всіх варіантів виконання зразків. Найбільше зменшення спостерігається для MDF з клеєм D4 (до 2,07 % по ширині). За низьких температур впливу зміни розмірів незначні – коливаються в межах 0–0,08 %. В умовах комбінованого впливу (вологість та різні значення температур) спостерігаються незначні зміни розмірів, переважно зменшення в межах 0–0,27 %.

Стосовно досліду з визначення руйнівного навантаження на клейовий шов після витримки зразків в різних кліматичних умовах виявлено різний характер руйнування. У зразків з основою з ДСП спостерігається руйнування шпону при певному навантаженні, тоді як у зразків з MDF шпон залишається цілим. Це пояснюється різною щільністю цих матеріалів.

Показники руйнівного навантаження на зразки наведено на рис. 1.



**Рис. 1. Максимальне навантаження руйнування дослідних зразків: 1 – клей D3, 2 – клей D4, 3 – клей WR, а – контрольні, б – після експозиції у вологому середовищі, в – після впливу підвищеної температури, г – після експозиції в морозильній камері, д – поєднання температурно-вологісних умов.**

Встановлено, що для контрольних зразків найбільше руйнівне навантаження зафіксовано для ДСП з клеєм D3 (130,03 Н), а найменше – для MDF клеєм WR (72,99 Н). В умовах підвищеної вологості навантаження на клейовий шов зменшилося для всіх зразків, крім ДСП з клеєм WR. Найбільше зниження у MDF з клеєм WR – на 45 %. При підвищеній температурі також спостерігається зниження значення руйнівного навантаження для всіх зразків. Найбільше зниження – 34 % – у зразків з основою ДСП з клеєм D3. В умовах низької температури навантаження знизилось не так суттєво, максимум на 18 % для ДСП з клеєм D4. При комбінованому впливі факторів найбільше зниження навантаження у ДСП з клеєм WR – на 42 %.

Отже, на міцність клейового з'єднання негативний вплив мають як підвищена вологість, так і температура середовища, особливо поєднання температурно-вологісних умов. Найменш стійкими виявилось комбінування основи MDF та клею WR. Натомість найкращу стійкість продемонструвало комбінування основи ДСП з клеєм D3.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko, Y., Horbachova, O. (2021). Use of a polymer shell of thermally modified wood to establish moisture diffusion patterns. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 12(1). 41–47. Doi: 10.31548/forest2021.01.005
2. Pei, G., Horbachova, O., Tsapko, Y., Mazurchuk, S., Denysiuk, B. (2023). Assessment of the durability of the adhesive bond in a carpentry product to atmospheric fluctuations. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 14(2). 67–82. Doi: 10.31548/forest/2.2023.67

## ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУР ШЛАКОВІСНИХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТІВ ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНИХ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД

*Москаленко О.А.*

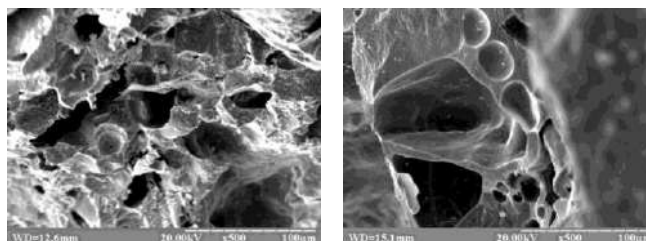
*ТОВ «МЦ Баухемі», м. Березань, Київська обл., Україна*

В Україні, в результаті ворожої агресії, налічується велика кількість зруйнованих об'єктів енерго- та інфраструктури, доріг, мостів, тощо внаслідок влучання авіа снарядів та інших вибухових пристроїв Їх руйнація відбувається за рахунок вибухової хвилі в момент вибуху. В результаті чого в структурі матеріалу відбуваються значні зміни, пов'язані як зі змінами фазового складу цементу, так і цілісності бетонного масиву. Тому постає питання в як найшвидшому відновленні таких споруд, особливо з включенням оплавлених ділянок бетону. Враховуючи те, що при зведенні подібних об'єктів використовувалися бетонні суміші і вироби на основі портландцементу та шлакопортландцементу [1], то актуальним є використання подібних в'язучих, але нової генерації для відновлюваних заходів.

Найбільш економічно використовувати в'язучі речовини, які с своєму складі містять металургійний шлак, так звані шлакопортландцементи. Незважаючи на думку фахівців щодо повільного набору міцності в ранні строки твердіння, в роботах [2] підтверджено значний прорив в цьому питанні. Прискорення набору міцності відбувається за рахунок уведення сучасного комплексу органо-мінеральних добавок «МЦ Баухемі» і інших, наприклад, порошку склобою [3]. Органо-мінеральний комплекс «МЦ Баухемі» уявляє собою суміш суперпластифікатору полікарбоксилатного типу SP «МС-PowerFlow 2695» із суспензій на основі мікрокремнезему SX «Centrilit Fume SX» та алюмосилікатних пуцолан згідно з ТУ У В.2.7-24.6-33482370-004:2013 – на основі ефірів полікарбоксилатів; органо-мінеральний комплекс NC «Centrilit NC». Зазначені комплекси сприяють прискоренню набору міцності у ранні строки твердіння як в'язучого, так і бетону. Згідно даних [4], оптимальна кількість меленого шлаку, що повністю зв'язує вільний гідроксид кальцію, становить 56 %.

У даній роботі буде розглянуто вплив розглянутих комплексів і шлаку на формування мікроструктури штучного каменю в ранні строки тверднення. Дослідження мікроскопічної структури зразків в'язучих проводили методом скануючої електронної мікроскопії за використання приладу РЕМ 106 і (BAT SELMI м. Суми, Україна) [7].

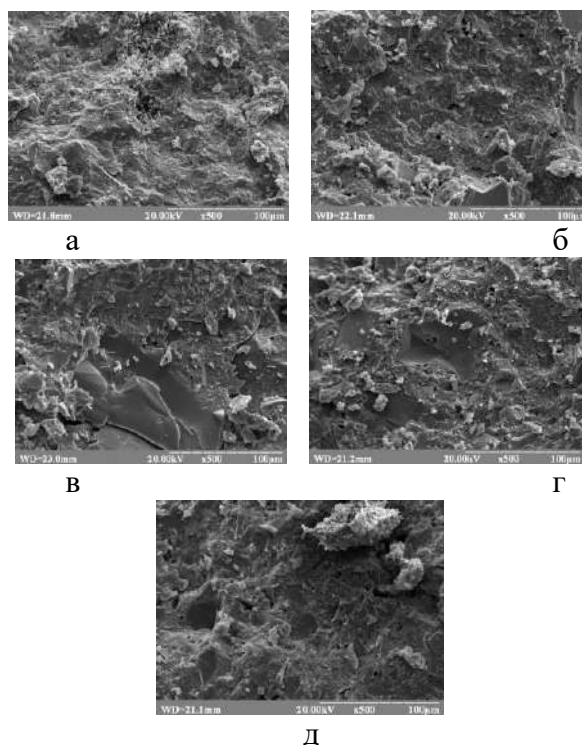
Фрагменти структур пошкодженого бетону від вибухів представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Растрові електронно-мікроскопічні зображення зразків бетону відібраних з епіцентру вибуху.

Із рис 1. видно, що структура бетону поризована, оплавлена та дуже схожа на частинки металургійного шлаку. При відновленні подібних структур, для надійного адгезійного зчеплення, вдало підходять запропоновані шлаковмісні цемента, структури

яких на 3 добу тверднення, в залежності від типів та кількості добавок, приведені на рис. 2.



**Рис. 2.** Растрові електронно-мікроскопічні зображення зразків шлаковмісного цементу, модифікованого органо-мінеральними комплексами «МЦ Баухемі»: а – цемент із 56 % шлаку; б – теж саме, із вмістом 0.6 % SP; в – теж саме, із вмістом 5 %SX+0.6 % SP; г - теж саме, із вмістом 5 %NC+0.6 % SP; д - теж саме, із вмістом 5 %SX+5 %NC+0.6 % SP.

Як видно з рис. 2, шлаковмісні цементы, що вміщують різні типи органо-мінеральних комплексів «МЦ Баухемі» ідентичні до структур пошкоджених бетонів. Це підтверджує правильність їх вибору щодо поставленої задачі в роботі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Moranville-Regord, M., Kamali-Bernards, S. (2019). 10 - Cements Made From Blastfurnace Slag. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete (Fifth Edition)*. 469–507.
2. Бондаренко О.П., Павлюк В.В. Структурутворення шлакопортландцементних в'язучих систем, модифікованих лужними сполуками та пластифікуючими добавками різних типів. *Науковий вісник будівництва*. 2018. № 2. Том 92. С. 197–203.
3. Бондаренко О.П., Москаленко О.А., Захарченко К.Д., Новоселенко Є.Д. Особливості процесів гідратації та структурутворення шлакопортландцементів, модифікованих відходами скляного бою. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. Вип. 63. С. 110–116.
4. Москаленко О.А. Дослідження впливу органо-мінерального комплексу виробництва тов «МЦ БАУХЕМІ» на фізико-механічні властивості шлаковміщуючих цементів. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2020. № 80. С. 75–83.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО ЦЕМЕНТУ

*Піскун І.О.,  
Шишкіна О.О., к.т.н., доцент  
Криворізький національний університет*

Бетон – один з найбільш популярних і розповсюджених матеріалів, які використовують при будівництві будинків, житлових та нежитлових споруд. Він має достатню міцність при відносно невисокій вартості. Основою ж бетону є цемент, на виготовлення якого витрачається значна кількість природних матеріалів та енергії. Зо всіх видів цементу найменшими витратами природних матеріалів з найменшими енергетичними витратами володіє шлакопортландцемент.

Шлакопортландцемент, що містить до 50 % шлаку, звичайно застосовується в тих же умовах, що і звичайний портландцемент. Цементи, що містять максимальний вміст (до 80 %) шлаку, є низькотермічними і використовують в масивних гідроспорудах, для виготовлення конструкцій, що піддаються дії агресивних вод.

Але у шлакопортландцементу набір міцності на момент початку затвердіння матеріалів цей процес протікає суттєво повільніше, ніж у портландцементу. Наближену до цементу міцність, шлакопортландцемент набуває через 6–12 місяців, залежно від температурно-вологісних умов застигання. Через деякий час шлакопортландцемент демонструє значно більшу міцність, ніж портландцемент.

Завдяки значному вмісту у своєму складі значної кількості відходів металургійної промисловості, шлакопортландцемент відноситься до продуктів, які сприяють поліпшенню екології навколо промислових металургійних центрів. Однак недостатня швидкість формування його структури і, як наслідок, основного показника якості, яким є міцність при стиску, обмежує галузь використання шлакопортландцементу. Тому в проведених дослідженнях за мету було поставлено підвищення швидкості формування міцності дрібнозернистих бетонів, виготовлених на шлакопортландцементі. Проведеними дослідженнями впливу модифікації шлакопортландцементу водою, активованою використанням механізму гідрофобної гідратації, встановлено фактори, що впливають на швидкість формування та величину міцності при стиску дрібнозернистого бетону, виготовленого на шлакопортландцементі. Доведено, що до означених факторів відносяться вид та кількість застосованих наномодифікаторів води, а також вид та кількість дрібного заповнювача бетону. Аналізом результатів проведених досліджень підтверджено, що введення в бетон води активованої за механізмом гідрофобної гідратації у надмалих дозах значно підвищують швидкість формування міцності бетону. Зокрема встановлено, що завдяки цьому механічна міцність отриманого модифікованого дрібнозернистого бетону на основі шлакопортландцементу у віці 2 доби на 60 % перевищує міцність дрібнозернистого бетону на основі шлакопортландцементу без добавок, у віці 7 діб – на 46 %, у віці 28 діб на 40 %, а у віці 210 діб на 25 % [1]. Це дозволяє стверджувати про ефективність виявленого механізму модифікації шлакопортландцементу. Таким чином, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесів формування міцної структури дрібнозернистих бетонів на основі шлакопортландцементу шляхом використання води активованої за механізмом гідрофобної гідратації.

Проведеними дослідженнями встановлено, що активація води застосуванням гідрофобної гідратації суттєво впливають на змінення характеру процесів тужавлення, фазо- і структуроутворення дрібнозернистого бетону на основі шлакопортландцементу на ранніх стадіях твердіння.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Шишкіна О.О., Піскун І.О. Формування міцності дрібнозернистого бетону на основі модифікованого шлакопортландцементу. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. № 5(6 (125)). С. 74–81.



## ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ ВИРОБІВ КРИВОЛІНІЙНОГО ПРОФІЛЮ ШЛЯХОМ ГАРТУВАННЯ З НАГРІВОМ СВЧ

*Погрібний М.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Реброва О.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Васильченко О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Шевченко С.М.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Грицай А.О.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України

Для поверхневого зміцнення виробів широко використовується метод нагрівання струмом високої частоти (СВЧ), який має суттєві переваги перед іншими методами, а саме, дозволяє швидко та ефективно нагрівати матеріали і отримувати на поверхні виробів зміцнені шари з високою твердістю і зносотійкістю, дозволяє точно контролювати температуру нагріву, що робить його особливо корисним при обробці високоякісних деталей.

Для розробки СВЧ технологій використовуються різноманітні матеріали, компоненти й обладнання, такі як високочастотні генератори, модулятори, індуктори, різноманітне механічне устаткування тощо. Вони дозволяють створювати ефективні СВЧ пристрої, які використовуються в різних галузях, та забезпечують вирішення поставлених задач, наприклад, проведення поверхневого гартування різноманітних деталей.

Накопичений практичний досвід засвідчує, що необхідні властивості зміцненої поверхні при гартуванні СВЧ можуть бути досягнуті тільки в разі стабільного дотримання заданих технологічних параметрів обробки, в першу чергу, величини зазору між поверхнею, що зміцнюється, і індуктором. Найбільш складно це досягти під час індукційного нагрівання виробів із криволінійним профілем поверхні. При цьому кожного разу виникає необхідність створення і використання індивідуальних нагрівальних пристроїв та устаткування, що значно ускладнює й здорожує технологічний процес. Вирішення даної проблеми можливо шляхом розробки уніфікованого обладнання, яке б дозволяло здійснювати нагрів СВЧ виробів незалежно від особливостей профілю поверхонь з одночасним забезпеченням високої якості зміцнення.

В даних дослідженнях приведені результати обґрунтування й розробки універсального пристрою для індукційного нагрівання на прикладі поверхневого гартування лопаток парових турбін, які характеризуються складним гвинтоподібним профілем поверхні та потребують захисту від ерозійного зношування.

В технології СВЧ-гартування, яка використовується на виробництві, лопатка безперервно-послідовно рухається відносно індуктора, а її поверхня постійно притискується до прокладки за допомогою пружинно-роликового гартувального пристрою. Таке притискання повинно забезпечувати постійність зазору між поверхнею виробу і індуктором, і, як наслідок, гарантувати досягнення необхідних температури та глибини нагріву СВЧ. Проте, виконати такі умови досить складно, а отримати необхідну якість зміцнення практично неможливо, що пов'язано з особливостями конструкції пружинно-роликового пристрою та необхідністю виконання складного регулювання обладнання.

Проведені дослідження засвідчили, що одним із варіантів усунення недоліків існуючої технології є проектування обладнання, принцип дії якого корінним чином буде відрізнятися від аналога, наприклад, гартувального пристрою з магнітною головкою.

Головні відмінності та умови налагоджування гартувального механізму разом із пристроєм з магнітною головкою полягають в наступному: необхідне притискання поверхні виробу до індуктора забезпечується не врівноваженням моментів і тисненням пружинного ролик, а притягненням і утриманням в заданому положенні виробу силою магнітного (електромагнітного) полів: моменти, які діють в кінематичній схемі механізму для гартування, необхідно не врівноважувати, а привести їх величини до нульових значень; такий стан досягається в тому випадку, коли всі головні осі гартувального механізму будуть розташовані паралельно та в чітко вертикальному положенні.

Використання розробленого пристрою не потребує врівноваження обертаючих моментів, і, відповідно, дозволяє усунути необхідність проведення складного багаторазового регулювання. Магнітне поле, на відміну від механічного пружинно-роликівого пристрою, створює найбільш сприятливі умови для забезпечення потрібної траєкторії переміщення виробу відносно індуктора практично незалежно від рельєфу його поверхні, що значно покращує якість поверхневого зміцнення.

Крім того, пристрій з магнітною головкою надає ряд додаткових переваг: значно спрощується процедура налаштування технологічного обладнання; забезпечується постійність основних технологічних параметрів режиму гартування і висока стабільність якості поверхневого зміцненого шару; незалежність результатів зміцнення від впливу суб'єктивних чинників.

Для перевірки ефективності роботи пристрою з магнітною головкою проводилося поверхневе гартування з нагрівом СВЧ натурних робочих лопаток парових турбін типу К500-65/3000.

За результатами металографічного і дюрOMETричного аналізів встановлено, що після індукційного гартування на поверхні лопатки із сталі 15X11МФ формується шар з високою твердістю (~5500 МПа). Глибина зміцненого шару складає 0,9–1,0 мм. В подальшому по глибині вхідної кромки лопатки твердість поступово знижується до рівня твердості основного металу поза зоною загартування (~3000 МПа); утворена перехідна зона сягає в ширину до 0,3 мм.

Порівняльний аналіз кривих твердості для різних перерізів по довжині профілю лопатки свідчить про те, що розподіл твердості по глибині загартованого шару на різних відстанях від вершини лопатки має однаковий характер; в різних перерізах твердість загартованого шару практично однакова (54–56 HRC).

Вказаний рівень твердості відповідає технічним умовам на проведення технологічного процесу зміцнення лопаток шляхом поверхневого гартування СВЧ, тобто, забезпечує їх високу ерозійну стійкість.

Таким чином, використання пристрою з магнітною головкою дозволяє отримати по всій довжині вхідної кромки лопатки, яка має складний профіль, однакових твердості, мікроструктури і глибини зміцненого шару. Отримані результати підтверджують високу ефективність розробленої принципово нової конструкції гартувального пристрою, який дозволяє якісно зміцнювати шляхом нагріву СВЧ поверхні виробів, практично незалежно від їх геометричної конфігурації та розмірів.

Розроблений магнітний пристрій пройшов виробничі випробування та рекомендований до промислового застосування.

## ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ МАТЕРІАЛІВ ВІД РАДІАЦІЙНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

*Попов О.О., член-кор. НАН України, д.т.н., професор,*

*Ковач В.О., д.н. держ. упр., ст. дослідник,*

*Яцишин Т.М., д.т.н., доцент,*

*Пилипчук Є.В., к.хім.н.,*

*Яцишин А.В., д.т.н., с.н.с.*

*Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України*

Щоб синтезувати нанокompatитний матеріал для захисту від випромінювання, необхідно володіти знаннями про тип падаючого випромінювання та вторинного випромінювання, що утворюється під час ослаблення, а також механізми взаємодії між випромінюванням і речовиною.

Якщо відбувається ослаблення моноенергетичного вузького пучка фотонів  $\gamma$ -променів у речовині мішені, то такий процес можна назвати ідеальним. Таке ослаблення можна описати законом Ламберта–Бера. Тобто, падаючий фотон не розсіюється, а відбувається поглинається його екрануючим матеріалом або фотон проникає крізь нього і потрапляє на детектор. Інтенсивність фотонів зменшується в екрануючому матеріалі через механізм трьох типів взаємодії між фотоном і речовиною, а саме: фотоэффект, комптонівське розсіювання та утворення пар. Зв'язок між зменшеною інтенсивністю та товщиною екрануючого матеріалу можна описати наступним рівнянням [1]:

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\mu t), \quad (1)$$

де  $I$  та  $I_0$  початкова та ослаблені інтенсивність фотонів,  $\mu$  – лінійний коефіцієнт затухання,  $t$  – товщина абсорбера. Якщо матеріал поглинач складається зі сполук або однорідної суміші, коефіцієнт масового ослаблення можна приблизно розрахувати зі зваженої суми коефіцієнтів складових елементів [1]:

$$\mu_m = \left( \frac{\mu}{\rho} \right) = \sum_{i=1}^n \omega_i \left( \frac{\mu}{\rho} \right)_i, \quad (2)$$

де  $\omega_i$  вагова частка,  $(\mu/\rho)_i$  – коефіцієнт масового ослаблення  $i$ -го складового елемента. Для хімічної сполуки вагова частка визначається згідно наступної формули [1]:

$$\omega_i = \frac{a_i A_i}{\sum_j a_j A_j}, \quad (3)$$

де  $A_i$  – атомна маса  $i$ -го елемента,  $a_i$  – кількість формульних одиниць.

При вимірюванні радіаційної екрануючої здатності нанокompatитів також варто враховувати коефіцієнт самозатухання. Самозатухання спричинюється поглинанням і розсіюванням  $\gamma$ -променів у матеріалі детектора. Це все призводить до певних неточностей при вимірюванні радіоактивності. На даний момент, у відкритому доступі є ряд публікацій, в яких описано певні підходи до корекції вимірювання ефекту самозатухання, що дозволяє проводити більш точний і надійний аналіз.

Існує також ще ряд параметрів, які використовуються для оцінювання властивостей екранування  $\gamma$ -променів в різних матеріалах, а саме: шар половинного ослаблення, товщина екрану або поглинач та середня довжина вільного пробігу. Більші детальна інформація про визначення цих параметрів представлена в роботі [2].

Згідно роботи [3], екрануючі матеріали з низьким значенням вищеписаних параметрів вважаються чудовими поглиначами  $\gamma$ -променів. Також важливим є параметр  $Z_{eff}$ , який визначається як атомний номер, що відповідає суміші або сполуці, яка взаємодіє з фотонами таким чином, що еквівалентно одній елементарній речовині з цим атомним номером, яка взаємодіє з фотонами. Параметр  $Z_{eff}$  є важливим при виборі матеріалу-замінника під час радіаційного екранування та може бути обчислена згідно:

$$Z_{eff} = \frac{\sigma_a}{\sigma_e}, \quad (4)$$

де  $\sigma_e$  та  $\sigma_a$  – є електронний та повний поперечний переріз відповідно. Ці перерізи можна обчислити наступним чином:

$$\sigma_a = \mu_m / N_A \sum_i \left( \frac{\omega_i}{A_i} \right), \quad \sigma_e = \frac{1}{N_A} \cdot \sum_i \frac{n_i A_i}{Z_i} \cdot (\mu_m)_i \quad (5)$$

де  $N_A$  – стала Авогадро,  $\omega_i$  – вагова частка елемента,  $A_i$  – атомна маса  $i$ -го елемента.

Як відомо, нейтрони – це нейтральні частинки з масою, які, як правило, утворюються в ядерних реакціях і ядерному поділі. На відміну від взаємодії фотона з речовиною, нейтрони в основному взаємодіють з ядрами атомів у матеріалі. Вони мають властивість проникати глибше в атомну структуру матеріалів без значного відхилення або сповільнення електромагнітними полями, що оточують атомні електрони.

Ефективність нейтронного захисту екрануючого матеріалу зазвичай оцінюється за ефективним поперечним перерізом видалення швидких нейтронів і поперечним перерізом видалення маси. Поняття «переріз видалення» визначається як ймовірність того, що швидкий нейтрон піддається першому зіткненню, яке видаляє його з групи проникаючих і незіткнених нейтронів. Тут «видалення» стосується видалення з групи швидких нейтронів [4]. Концепція поперечного перерізу видалення більше не діє без присутності водню в матеріалах сповільнювача. Ефективний поперечний переріз видалення швидких нейтронів сповільнювачів можна обчислити за формулою [5]:

$$\sum_R = \sum_i \rho_i \left( \sum_R / \rho \right)_i, \quad (6)$$

де  $\left( \sum_R / \rho \right)_i$ ,  $\rho_i$  – коефіцієнт видалення маси швидких нейтронів  $i$ -го компонента та часткова

густина  $i$ -го компонента відповідно. Поперечний переріз видалення компонентів у сполуках і сумішах визначається мікроскопічними властивостями і структурою, а також атомним номером атома. Для енергії нейтронів у діапазоні 2–12 МеВ в багатьох літературних джерелах величина

$\sum_R$  розглядається як константа.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Jackson, D.F., Hawkes, D.J. (1981). X-ray attenuation coefficients of elements and mixtures. Phys. Rep. 70(3). 169–233.
2. Chang, Q., Guo, S., Zhang, X. (2023). Radiation shielding polymer composites: Ray-interaction mechanism, structural design, manufacture and biomedical applications. Materials & Design. 233. 112253.
3. Kaçal, M.R., Akman, F., Sayyed, M.I., Akman, F. (2019). Evaluation of gamma-ray and neutron attenuation properties of some polymers. Nucl. Eng. Technol. 51(3). 818–824.
4. El-Khayatt, A.M., Akkurt, İ. (2013). Photon interaction, energy absorption and neutron removal cross section of concrete including marble. Ann. Nucl. Energy. 60. 8–14.
5. Kaplan, M.F. (1989). Concrete Radiation Shielding, New York, NY (USA), John Wiley and Sons Inc., United States.

## РОЗРОБКА МОДИФІКОВАНОГО АГЛОМЕРАТУ ВІДХОДІВ ПОЛІАМІДІВ: ПРОБЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ

*Пурис В.В.<sup>1</sup>,*

*Лебедєв В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Черкашина М.К.<sup>2</sup>, к.ю.н., доцент,*

*Соколова А.К.<sup>2</sup>, д.ю.н., професор*

<sup>1</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*

<sup>2</sup>*Національний юридичний університет імені Ярослава Мудрого*

На сьогоднішній день полімерні матеріали широко застосовуються практично у всіх галузях сучасної промисловості та народного господарства [1]. В той же час, більшість виробів на основі полімерів мають достатньо невеликий термін використання і в якийсь момент вони неминуче стають пластиковими відходами з терміном розкладання в природних умовах більше ніж 100 років [2]. Саме тому, важливу роль в процесах поводження з полімерними відходами грає їх вторинна переробка та рециклінг з метою повторного використання для одержання цінних та корисних деталей та виробів [3, 4].

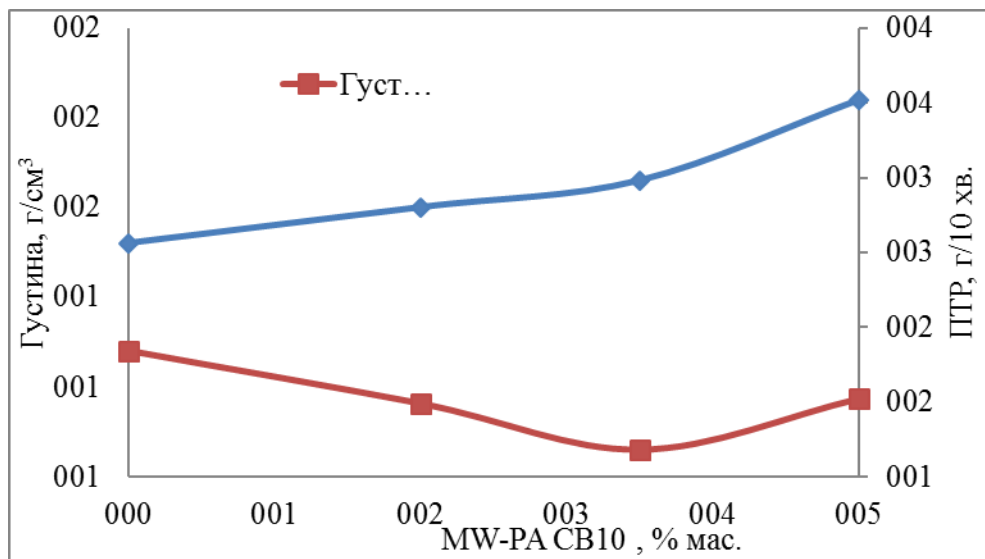
Сучасна ситуація в сфері вторинної переробки полімерів вимагає пошуку ефективного вирішення проблеми поводження з полімерними відходами. Саме розробка ефективних технологій вторинної переробки поліамідів сприяє збереженню природних ресурсів, оскільки полімерні матеріали виробляються з нафти і газу і, в умовах дефіциту полімерної сировини, полімервмісні відходи стають потужним сировинним і енергетичним ресурсом. Отже переробка полімерних відходів може стати високоприбутковим видом економічної діяльності, в тому числі в галузі легкої промисловості, та забезпечить покращення екологічної ситуації в країні. Нагальним є пошук ефективних шляхів поводження з полімерними відходами для вирішення проблеми дефіциту полімерної сировини.

Відходи поліаміду можуть бути або повторне перероблені або хімічно утилізовані шляхом термічної деполімеризації. Вторинна переробка передбачає подрібнення використаних поліамідних продуктів, а потім їх топлення з утворенням нових пластиків, тоді як хімічна переробка передбачає розщеплення використаного поліаміду на складові речовини та мономері, а потім повторне збирання їх у нові продукти. Можливість вторинної переробки поліамідів робить їх стійкими і екологічно безпечними матеріалами за рахунок зменшення кількості відходів на звалищах, зменшення вуглецевого сліду виробництва та зниження вартості виробництва, оскільки переробка відходів полімерних матеріалів дешевша, ніж виробництво нових.

В даній статті проведенні дослідження процесів регулювання та технологічних особливостей модифікації агломерату відходів поліамідів. Розглянуті питання правового регулювання процесів поводження з полімерними відходами в Україні, запропоновані шляхи покращення найбільш проблемних аспектів в цій сфері. Досліджені технологічні особливості процесів модифікації агломерату відходів поліаміду-6 з метою покращення його технологічних та міцностних характеристик.

Вивчено вплив модифікуючого мастербатчу MW-PA CB10 на комплекс технологічних та міцностних характеристик агломерату відходів поліаміду-6.

Первинні дослідження були спрямовані на визначення впливу модифікації агломерату відходів поліаміду-6 мастербатчем MW-PA CB10 при його вмісті на рівні 2, 3,5 та 5 % мас. – рис. 1.



**Рис. 1. Вивчення впливу введення мастербатчу MW-PA CB10 на показник плинності розтопу та густину модифікованого агломерату відходів поліаміду 6.**

З рис. 1 видно, що модифікація агломерату відходів поліаміду 6 мастербатчем MW-PA CB10 дозволяє підвищити його текучість та знизити густину до рівня 3,52 г/10 хв. та 1,17 г/см<sup>3</sup>, відповідно. Подальші дослідження були правленні на встановлення впливу модифікації агломерату відходів polyamide 6 мастебатчем MW-PA CB10 на міцності характеристики. Було встановлено, що модифікація агломерату відходів поліаміду-6 в діапазоні вмісту MW-PA CB10 2–3,5 % мас. дозволяє значно покращити більшість його міцностних властивостей. При подальшому збільшенні вмісту MW-PA CB10 спостерігається зниження рівня ударної в'язкості, міцності при розриві та відносному подовженні при розриві.

Оптимальним можна вважати модифікат агломерату відходів поліаміду-6 з 2 % мас. MW-PA CB10 для якого спостерігається рівень ударної в'язкості 43,5 МПа, міцності на вигін 126,4 МПа, міцності при розриві 342 Н та відносному подовженні при розриві 117 %. Такий матеріал може бути рекомендований для повторного використання в традиційних сферах первинного поліаміду-6 для одержання виробів інженерно-технічного призначення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ларін О.М., Чернобай Г.О., Назаренко С.Ю., Виноградов С.А. Експериментальне визначення кута закручування напірного пожежного рукава, що має дефект. Проблеми пожежної безпеки. 2017. № 41. С. 117–123.
1. EL-Ghoul, Y., Alminderej, F.M., Alsubaie, F.M., Alrasheed, R., Almousa, N.H. (2021). Recent Advances in Functional Polymer Materials for Energy, Water, and Biomedical Applications: A Review. *Polymers*. 13. 4327.
2. Feig, V.R., Tran, H., Bao, Z. (2018). Biodegradable polymeric materials in degradable electronic devices. *ACS Central Science*. 4. 337–348.
3. Lebedev, V., Tykhomyrova, T., Litvinenko, I., Avina, S., Saimbetova, Z. (2020). Design and Research of Eco-Friendly Polymer Composites. *Materials Science Forum*. 1006. 259–266.
4. Lebedev, V., Tykhomyrova, T., Filenko, O., Cherkashina, A., Lytvynenko, O. (2021). Sorption Resistance Studying of Environmentally Friendly Polymeric Materials in Different Liquid Mediums. *Materials Science Forum*. 1038. 168–174.

## РАДІАЦІЙНИЙ ЗАХИСТ: ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО РИЗИКУ З ОГЛЯДУ ЗАГАЛЬНИХ ПРИНЦИПІВ

*Сидоренко В.Л., д.т.н., професор,  
Пруський А.В., д.т.н., професор,  
Єременко С.А., д.т.н., професор,  
Власенко Є.А.*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Нині, в умовах повномасштабної військової агресії РФ проти нашої держави та захоптом ЗАЕС, особливої уваги потребує аналіз і оцінка радіаційного ризику з огляду загальних принципів. Радіаційний захист – сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-конструкторських, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки [1].

Аналіз ризику – процес, що складається з трьох частин: оцінки ризику, заходів щодо запобігання і мінімізації ризику та інформування про наявність ризику. Оцінка ризику – заснований на наукових даних та методах процес, що складається з наступних етапів: 1) виявлення небезпечних чинників (далі – НЧ); 2) визначення показників НЧ; 3) оцінка впливу; 4) визначення показників ризику. Оцінка ризику є одним із трьох компонентів загальних принципів *аналізу ризику* поряд із заходами щодо *запобігання і мінімізації ризику* та *інформуванням про його наявність*.

Загальні засади аналізу ризику складаються з інформування про наявність ризику, оцінки ризику, ідентифікації небезпечних чинників, визначення характеристик небезпечних чинників, оцінки впливу та визначення його характеристик. Заходи щодо запобігання та мінімізації ризику передбачають:

1) підготовчі роботи з попередження та мінімізації ризику (виявлення проблеми безпеки НЧ, створення профілю ризику, встановлення пріоритетів безпеки в оцінці ризику та у запобіганні і мінімізації ризиків, вироблення політики оцінки ризику щодо його оцінки, визначення форми подання результатів оцінки ризику, доручення проведення оцінки ризику, розгляд можливих результатів оцінки ризику);

2) оцінка варіантів заходів щодо попередження та мінімізації ризику (здійснення превентивних заходів, моніторинг та аналіз).

Доручення про проведення оцінки ризику [2] надається органу із запобігання та мінімізації ризику. Підготовча робота цього процесу включає виявлення проблеми безпеки НЧ, створення профілю ризику, розстановку пріоритетів безпеки в оцінці ризику та пріоритетів у попередженні та мінімізації, вироблення методології оцінки ризику, визначення форми подання результатів оцінки ризику, доручення проведення оцінки ризику, розгляд можливих результатів оцінки ризику.

Методологія оцінки ризику повинна бути визначена органом із запобігання та мінімізації ризику до проведення оцінки під час консультацій з органами з оцінки ризику та всіма зацікавленими сторонами. Ця процедура має забезпечити системність, комплексність, об'єктивність та прозорість оцінки ризику. Повноваження, які орган із запобігання та мінімізації ризику надає органу з оцінки ризику, повинні бути визначені якомога чіткіше.

Обсяг і мета конкретної оцінки ризику повинні бути чітко встановлені та узгоджені з політикою оцінки ризику. Слід визначити форму подання результатів оцінки ризику та можливі альтернативні форми. Експерти, які братимуть участь у процесі оцінки ризику, повинні бути об'єктивними у своїй науковій діяльності та повинні відбиратися на основі їх досвіду та під час прозорого процесу. Оцінка ризику повинна

бути науково обґрунтованим процесом і проводитися відповідно до алгоритму, що включає наступні 4 етапи: 1) виявлення НЧ; 2) визначення характеристик НЧ; 3) оцінка впливу; 4) визначення характеристик ризику.

Оцінка ризику має ґрунтуватися на наукових даних, найбільш актуальних для національних умов. Вона має максимально можливою мірою використовувати доступну кількісну інформацію. Під час оцінки ризику також може братися до уваги інформація про якісні аспекти. Обмеження, невизначеності та припущення, що впливають на оцінку ризику, повинні докладно розглядатися на кожній стадії оцінки ризику та документуватися прозорим чином.

*Виявлення небезпечних чинників.* НЧ у навколишньому середовищі (далі – НС) можуть включати радіацію та хімічні агенти (такі як важкі метали, діоксини, підвищені рівні вмісту пестицидів тощо) та інші небажані канцерогенні речовини. Чинники, які необхідно враховувати, включають такі, що можуть помітно вплинути на наявність того чи іншого НЧ в НС та які можуть бути специфічними для цієї місцевості, регіону чи країни.

*Визначення характеристик небезпечних факторів.* Під визначенням характеристик НЧ мається на увазі кількісна та/або якісна оцінка характеру несприятливого впливу на здоров'я, пов'язаного з НЧ, що можуть бути присутніми у НС внаслідок їх перенесення.

*Оцінка впливу.* Оцінка впливу радіаційних НЧ – це якісна та/або кількісна оцінка впливу на здоров'я людини, метою якої у рамках аналізу ризику є визначення рівня або поширеності радіаційних НЧ в НС. Надалі ці розрахункові рівні вмісту НЧ використовуються як вихідні дані для оцінки впливу на людину.

*Визначення характеристик радіаційного ризику.* У тих випадках, коли НЧ присутній в НС, наприклад у воді або повітрі, з метою визначення характеристик ризику та подальших заходів щодо запобігання та мінімізації ризику слід розглянути проведення оцінок впливу таких джерел.

*Звітність.* Оцінка ризику має бути у повній мірі систематично задокументована та доведена до відома органу щодо запобігання та мінімізації ризику. У звіті з оцінки ризику повинні бути зазначені усі обмежуючі чинники, невизначеність, припущення та їх вплив на оцінку ризику. Позичії меншини також повинні бути відображені у звіті. Відповідальність за рішення про вплив невизначеності на заходи щодо запобігання та мінімізації ризику лежить на органі з попередження та мінімізації ризику, а не на органі з оцінки ризику. Висновок щодо оцінки ризику повинен бути представлений органу з попередження мінімізації ризику у легкій для розуміння і зручній формі та доведений до відома інших зацікавлених сторін, щоб вони могли проаналізувати цю оцінку.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку: Закон України від 8 лютого 1995 р. № 39/95-ВР. Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80#Text>

2. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи зазального оцінювання ризику (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). URL: [https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/iso\\_31010.pdf](https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/iso_31010.pdf)



**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТРІЙНИХ СПОЛУК СИСТЕМИ  
CaO–BaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> , ЯКІ МОЖУТЬ ВИКОРИСТОВУВАТИСЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ  
ГЛИНОЗЕМНИХ ЦЕМЕНТІВ**

*Тараненкова В.В.<sup>1</sup>, д.т.н., доцент,  
Шарапов М.М.<sup>1</sup>, аспірант,  
Миргород О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с., доцент,  
Пирогов О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України

Дослідження потрійних сполук системи CaO–BaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> становить безсумнівний інтерес, оскільки алюмінати лужноземельних елементів широко використовуються в різноманітних областях техніки. Наприклад, алюмінати з великим вмістом оксиду барію застосовуються як термоємні матеріали в металопористих катодах. Окрім того, низка бінарних сполук системи характеризується високою гідралічною активністю та вогнетривкістю і може слугувати основою для створення нових видів вогнетривких глиноземних в'язучих [1, 2]. Однак, потрійні сполуки системи CaO–BaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ще недостатньо вивчені, а в літературі відсутні дані щодо їх фізико-механічних властивостей.

Однак, в літературних джерелах є доволі суперечливі відомості щодо існування в системі трьох потрійних сполук. Так, на рентгенограмах зразків, розрахованих на отримання BaCaAl<sub>4</sub>O<sub>8</sub> шляхом твердофазного синтезу (див. рис. 1а), присутні дифракційні максимуми що відповідають моноалюмінатам барію ( $d \cdot 10^{-10} = 4,514; 4,01; 3,124; 2,60; 2,231; 1,999; 1,668; 1,585; 1,501$  м) та кальцію ( $d \cdot 10^{-10} = 4,716; 3,001; 2,536; 2,173; 1,956$  м). Будь-яких інших неідентифікованих дифракційних максимумів на рентгенограмі не спостерігається. Оскільки виявили сполуку BaCaAl<sub>4</sub>O<sub>8</sub> в шлаці, виділяючи з розплаву при більш високих температурах, ніж можливі при твердофазному синтезі, то було відтворено відповідні умови отримання сполуки шляхом плавлення сировинної суміші при температурі 2400 °С. Результати рентгенофазового аналізу закристилизованого розплаву (див. рис. 1б) показують, що в матеріалі присутній твердий розчин на основі моноалюмінату барію, про що свідчать дещо зміщені дифракційні максимуми, які відповідають BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ( $d \cdot 10^{-10} = 4,514; 4,008; 3,124; 2,60; 2,228; 1,997; 1,701; 1,583$  м) та алюмінату кальцію Ca<sub>12</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>33</sub> ( $d \cdot 10^{-10} = 4,907; 2,999; 2,682$  м).

Для додаткової перевірки досліджено склади, що знаходяться на конноді CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>–BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, з різним співвідношенням моноалюмінатів кальцію та барію. Рентгенограми випалених зразків свідчать про присутність тільки CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> та BaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Отже, результати проведених експериментальних досліджень щодо існування потрійної сполуки BaCaAl<sub>4</sub>O<sub>8</sub> добре узгоджуються з даними наших термодинамічних розрахунків та даними інших авторів і доводять неможливість її утворення в системі CaO–BaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, як з розплаву, так і шляхом твердофазного синтезу. На наш погляд, утворення сполуки BaCaAl<sub>4</sub>O<sub>8</sub> в алюміно-барієвому шлаці можна пояснити його особливим складом (наявність невеликої кількості SiO<sub>2</sub>, MgO та F).

Тому, для прогнозування характеру взаємодії з водою потрійних сполук та трикомпонентних композицій системи CaO–BaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> була залучена методика, яка базується на концепції електронегативності та дозволяє оцінити реакційну здатність неорганічних оксидних сполук по відношенню до води.

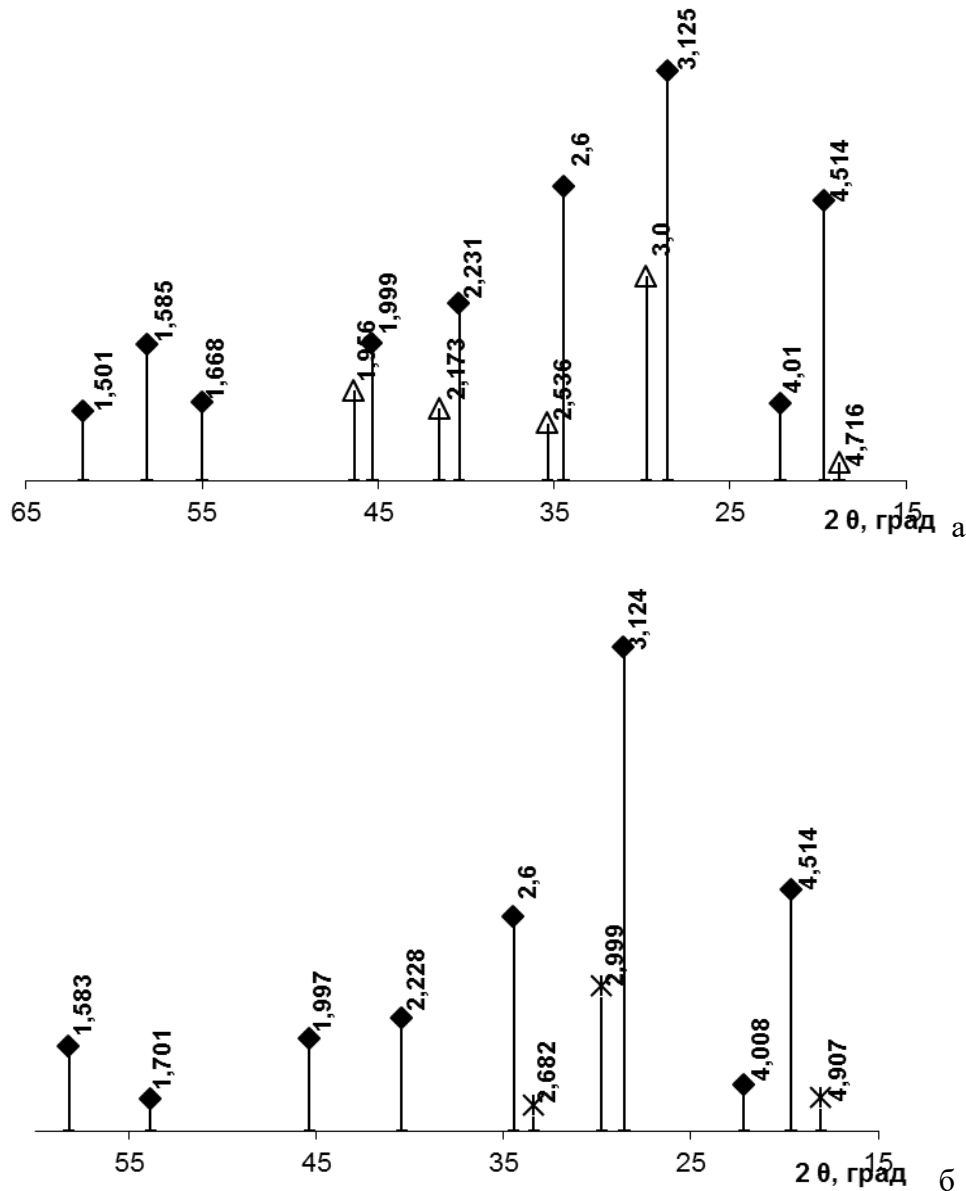


Рис. 1. Штрих-рентгенограми спеків  $\text{BaCaAl}_4\text{O}_8$ : а – ( $t_{\text{вип}} = 1400^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 3$  год.); б – ( $t_{\text{вип}} = 2400^\circ\text{C}$ , розплав) ♦ –  $\text{BaAl}_2\text{O}_4$ ;  $\Delta$  –  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$ ;  $\times$  –  $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shabanova, I.A., Mirgorod, O.V., Taranenkova, V.V., Korogodskaya, A.N., Deyneka V.V. (2005). Thermodynamic properties of binary and ternary compounds of CaO-BaO- $\text{Al}_2\text{O}_3$  system. *Ogneupory i Tekhnicheskaya Keramika*. 1. 2-6.
2. Taranenkova, V.V., Pitak, Ya.N., Shabanova, G.N. (2020). Regularities of Binding Properties Occurrence of Oxide Compounds of Special Cements in the Interaction with Water. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 3. 189–196.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ АЛКАНІВ НА ПІДСТАВІ МОДЕЛЮВАННЯ КЛАСТЕРНОЇ БУДОВИ ПОЛУМ'Я

*Трегубов Д.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., докторант,*

*Чиркіна-Харламова М.А.<sup>1</sup>, к.т.н.,*

*Гапон Ю.К.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Змага Я.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

Знання процесів горіння важливі у кількох областях, що визначає режими технології, описує розвиток пожеж та умови їх гасіння. Процеси горіння описує теплова теорія, а також – пероксидна та ланцюгова щодо окиснення вуглеводнів [1]. Але ці теорії не пояснюють первинний момент ініціювання горіння.

На даний час під час моделювання властивостей речовини надмолекулярну будову не враховують, а застосовують статистичну асоціативну теорію: молекулу замінюють кількома кулями, якими заповнюють матрицю; але модель дискретна та не в змозі описати короткі молекули [2]. Пропонуємо розглянути пероксидні кластери як перший елементарний акт ініціювання горіння. Тоді їх структура та пропорційність з киснем будуть визначати особливості процесу горіння.

Реакції заміщення для ненасичених вуглеводнів мають стадію комплексної сполуки; у насичених – є перерозподіл електронної щільності за довжиною молекули під дією індукційного ефекту метильних груп; міжмолекулярна взаємодія формує квазімезомерний ефект і миттєві ненасичені зв'язки. Для речовин одного класу наявність таких ефектів і валентного кута взаємодії викликає чергування кластеризації: деякі молекули агрегуються кінцевими групами, інші – наступними, що скорочує довжину кластеру  $l_{\text{екв}}$  (кратна 2 або меншому коефіцієнту). Тоді лінійна або експоненційна зміна фізико-хімічних параметрів у гомологічному ряду буде пульсаційною. Частина молекули, яка опинилася у боковому положенні відносно каркасу кластеру, на  $l_{\text{екв}}$  не впливає, але її враховують у загальній молярній масі. Коливальність суттєва для температур плавлення  $t_{\text{пл}}$ . Найменшим кластером є димер;  $t_{\text{пл}}$  корелює з найбільшою  $l_{\text{екв}}$  найменшого кластеру [3].

Аналіз зміни характерних температур н-алканів ( $t_{\text{пл}}$ , спалаху  $t_{\text{сп}}$ , кипіння  $t_{\text{кип}}$ , самоспалахування  $t_{\text{сс}}$ ) та розчинності у воді  $\gamma$  показує, що лише залежність для  $t_{\text{кип}}$  не має пульсацій. Опис коливальності  $t_{\text{пл}}$  н-алканів враховує гексамерну кластеризацію метану, тримерну етану, димерну лінійну – «парних», димерну укорочену на «1» – «непарних» н-алканів від н-пентану [3]. Така будова метану й етану пояснює завищені  $t_{\text{пл}}$  та занижені  $t_{\text{сс}}$ . Тобто для умов самоспалахування теж передбачається кластерна будова, але вже за допомогою пероксидних містків [4].

Передбачаємо: для рідкого стану н-алканів однакову димерну будову без «укорочень»,  $l_{\text{екв}}=2n_c$ ; для твердого – для парних молекул, крім етану, та для пропану – аналогічна будова, для непарних, крім метану та пропану,  $l_{\text{екв}} = 2n_c - 1$  [3]; для самоспалахування – до н-нонану  $l_{\text{екв}}$  близькі до твердого стану, а надалі – кластеризація посередині ланцюга або глобулізація, що зменшує  $l_{\text{екв}}$  [4]; для розчинності у воді до н-октану  $l_{\text{екв}}$  близькі до самоспалахування, а надалі –координаційні числа кластерів збільшуються до 9.

Подібність залежностей для  $t_{\text{сс}}$  та  $f(\gamma)$  передбачає подібність агрегації через молекулу-посередника: пероксидну групу -O-O- або  $\text{H}_2\text{O}$ . Чим більше молекул води агрегує кластер, тим менша розчинність речовини. Агрегація відбувається у двох

перпендикулярних площинах: на кожен не кінцевий атом «С» припадає 4 молекули води. Тоді пропорційність складу горючих сумішей визначає кількість молекул кисню, які може агрегувати кластер горючої речовини (ГР). Пульсації є й в інших параметрів горіння. Для  $t_{сп}$  це пов'язано з кластерною будовою і рідкого стану, і повітряної горючої суміші під час запалювання. Можна сформулювати твердження: речовини, які мають кластери однакової довжини з однаковою молярною масою будуть мати однакоке значення певного параметру ( $t_{пл}$ ,  $t_{сс}$  тощо).

Синхронну інтенсивність зміни мають  $U_n$  та  $\Delta t_{сп}$  *n*-алканів, схожу –  $\gamma_{\Delta f}$ ; асинхронну –  $E_{min}$  та  $\Delta \Delta f(\gamma)$ , що свідчить про подібність надмолекулярної будови. Але усі ці параметри описують різні процеси та етапи горіння. Тобто пероксидна кластеризація є дуже чутливим процесом до зовнішніх умов та має багато варіантів для реалізації.  $U_n$ ,  $\gamma_{\Delta f}$ ,  $\Delta t_{сп}$  пов'язані з поширенням полум'я з найменшою швидкістю за умов передачі тепла теплопровідністю;  $U_n$  визначають для умов повного згоряння, за умов верхньої КМПП є критична нестача, а за  $t_{сп}$  – критичний надлишок повітря. Протиколівальна подібність  $E_{min}$  з  $\gamma$  є тому, що  $E_{min}$  – визначає не поширення горіння, а прогрів найменшого об'єму для формування пероксидного кластеру, подібного до аналогічної структури у водному розчині.

Передбачаємо, що за виникнення горіння усі молекули ГР агрегують усі молекули кисню суміші у суцільну полімероподібну структуру, у якій можна виділити базовий кластер, що визначає її властивості. Для різних умов горіння є певна стехіометрична пероксидна пропорція: 1) для нижньої КМПП –  $\beta = 3n_c + 1$  описує мономер, де на кожному карбоні є 2 гідропероксидні групи та пероксидні містки з паралельним та наступним мономером; 2) для верхньої КМПП –  $\beta = 0,25n_c + 1$  описує мономер з паралельних алкан-димерів, зв'язаний пероксидними містками з таким паралельним та наступним мономером; 3) для стехіометричної концентрації повного згоряння –  $\beta = 1,5n_c + 0,5$  описує мономер з послідовних алкан-димерів, в якому на кожному карбоні є 1 гідропероксидна група та пероксидні містки з паралельним та наступним мономером; 4) для нижньої ДМ –  $\beta = 2n_c$  описує молекулу з 2 гідропероксидними групами на кожному карбоні; 5) для верхньої ДМ –  $\beta = 1n_c$  описує молекулу, яка зв'язана пероксидними містками з 2 паралельними; 6) для верхньої межі холодного полум'я – суміш пероксидних полімерів лінійних алкан-димерів з  $\beta = 0,5$  та пероксидних паралельних димерів з 1 пероксидним містком на кожному карбоні з  $\beta = 0,5n_c$  у співвідношенні 95/5 %. Поза концентраційних меж не утворюється суцільних надмолекулярних структур.

Незалежно від числа бокових пероксидних груп,  $l_{екв}$  враховує усі каркасні атоми й пероксидні містки. Для  $t_{сс}(n_c)$  *n*-алканів:  $t_{сс} = 8884,6(10n_{MCC} - 12)^{-0,621}$ , °C, де  $n_{MCC}$  – показник легкості плавлення,  $n_{MCC} = n_{еквCC} M^{0,2}$ ;  $n_{еквCC} - l_{екв}$  пероксидного кластеру під час самоспалахування;  $M$  – молярна маса мономеру, г/моль. Формула описує  $t_{сс}$  алканів нормальної та ізомерної будови з  $R = 0,996$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О.В., Трегубов Д.Г., Жернокльов К.В., Коврегін В.В. Основні положення процесу горіння. Харків: НУЦЗ України, 2020. 408 с.
2. Yaxin, A., Karteek, K., Sanket, A. (2018). Development of New Transferable Coarse-Grained Models of Hydrocarbons. *J. Phys. Chem.* 122. 28. 7143–7153.
3. Трегубов Д. й ін. Прогнозування найменших надмолекулярних структур алканів нормальної та ізомерної будови. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. № 35. С. 63–75. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15915>.
4. Tregubov, D. et al. (2023). Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. *Key Engineering Materials.* 952. 131–142.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПРОТІКАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ФРОНТІ ПОЛУМ'Я

*Трегубов Д.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., докторант,*

*Кірсев О.О.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,*

*Слепужніков Є.Д.<sup>1</sup>, к.т.н.,*

*Борсук О.В.<sup>2</sup>, к.т.н.,*

*Дадашов І.Ф.<sup>3</sup>, д.т.н.*

<sup>1</sup>*Національний університет цивільного захисту України,*

<sup>2</sup>*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,*

<sup>3</sup>*Академія Міністерства з надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки*

Полум'яне горіння описує теплова теорія як наслідок накопичення тепла; пероксидна теорія – як утворення пероксидів; ланцюгова – як утворення вільних активних радикалів за розгалуженим механізмом [1]. Але ці теорії не описують первинний момент ініціювання полум'я. Розроблено теорію утворення у полум'ї нанопористої квазірідини з формуванням у стінках надвеликих тисків з емісією молекул та ударною іонізацією, що ініціює горіння та викид метану з породи вугілля [2]. У роботі не розглянуто стадію пероксидних комплексів, що властиво самозайманню вугілля та масел [1]. Але можна описати перший етап ініціювання горіння як утворення пероксидних комплексів, які є більш важкими, ніж вихідні молекули, тому мають більші температури плавлення  $t_{пл}$  і кипіння  $t_{кип}$ .

Найменшою надмолекулярною частиною речовини є димер. Кластерна теорія дозволяє пояснити ступінчастість  $t_{пл}$  у ряду *n*-алканів [3]. Але у стані газу *n*-алкани є молекулами, що не пояснює ступінчастість температур самоспалахування  $t_{сс}$  [4], схожу залежність має розчинність у воді  $\gamma$  [3]. Якщо розчинення у воді є утворенням асоціатів, то самоспалахування це «квазірозчинення» *n*-алканів у кисні з утворенням надмолекулярних структур. Існує подібність графіків  $t_{сс}$  та антидетонаційного коефіцієнту АКІ [4]. Можливість кластеризації у полум'ї підтверджує наявність кореляції між  $t_{пл}$ ,  $t_{кип}$  і  $t_{сс}$ . Так: АКІ =  $-0,77t_{пл} - 35$  з  $R=0,968$ . Тобто  $t_{пл}$  стає параметром міжмолекулярної взаємодії у полум'ї. За димеризації пероксидних кластерів характерні температури фазових переходів будуть більшими, а конденсація спрощеною відносно вихідних алканів. Додатково конденсацію полегшують високі тиски фронту полум'я.

Розглянемо вплив умов стиснення на зміну  $t_{бр}$  *n*-гексану  $C_6H_{14}$  за зростання тиску у 10 разів від стандартного. За рівнянням Антуана [5]  $t_{бр}$  збільшується на 100 °С, тобто становить близько 168 °С (*n*-декан має  $t_{бр} \approx 174,1$  °С). Орієнтуючись на *n*-декан можна очікувати для *n*-гексану у кластерній формі за тиску 1000 кПа зростання  $t_{пл}$  з «-95,3» до «-30 °С». У стані конденсату димер пероксидного димеру є тетрамером відносно вихідного алкану, тоді каркасна довжина *n*-гексану з врахуванням молекул кисню:  $n_{Секв} = 6 \cdot 4 + 2 = 26$ , що відповідає довжині димеру *n*-тридекану з  $t_{пл} = -5,5$  °С,  $t_{кип} = 235,4$  °С. Конденсат пероксидного тетрамеру можна описати як октамер, тоді довжина *n*-гексану складе  $n_{Секв} = 6 \cdot 8 + 4 = 54$ , що близько до димеру *n*-октакозану з  $t_{пл} = 61$  °С,  $t_{кип} = 432$  °С. Нами визначено, що кластери однакової довжини  $n_{Секв}$  і молярної маси *M* мають однакову  $t_{пл}$  і показник легкості плавлення  $n_M = n_{Секв} M^{0,2}$  [4]:  $t_{пл} = 101,85 \ln(n_M) - 452,37$ , °С. Між  $t_{пл}$  та  $t_{кип}$  *n*-алканів є лінійна залежність [6]:  $t_{кип} = t_{пл} + 9,8992n_C + 109,89$ , де  $n_C$  – число атомів «С» у молекулі *n*-алкану. За цими формулами визначено умови фазових переходів пероксидних кластерів: для димеру *n*-гексану  $t_{пл} = 2$  °С,  $t_{кип} = 248$  °С; для тетрамеру –  $t_{пл} = 97$  °С,  $t_{кип} = 488$  °С, що близько до попередньої оцінки. Точка роси для стехіометричної суміші вуглеводнів становить близько 80 % від  $t_{кип}$  (у К), що для

пероксидних димерів *n*-алканів з  $n_c = 1-20$  складає  $-100-400$  °С, для тетрамерів –  $50-900$  °С. Такі температури є у підготовчій зоні фронту полум'я, тому конденсаційні процеси можливі. Для пероксидних тетрамерів перехід у квазірідкий стан у підготовчій зоні дефлаграційного полум'я можливий для усіх *n*-алканів, а кристалізація – від пропану. Стиснення полегшує ці процеси.

Теплова теорія пояснює межу підготовчої зони та зони горіння кінетичного полум'я нагрівом до  $t_{cc}$ . Можна очікувати, що за  $t_{cc}$  йде пероксидна кластеризація з конденсацією. Таке припущення пояснює меншу  $t_{cc}$  довгих вуглеводнів, оскільки вони мають простіші умови для конденсації. Тоді поширення фронту полум'я від джерела запалювання йде за принципом нарощування шарів надмолекулярної структури, але попередні шари відразу руйнуються та формують зону горіння. Можна оцінити товщину шару горючої повітряної суміші, де горючої речовини достатньо для утворення суцільної мономолекулярної плівки. Різниця у густині рідин та газів становить приблизно у 1000 разів. Тоді мономолекулярна плівка горючої рідини утворить близько 1000 шарів молекул, що становить близько 0,001 мм. Оскільки метан на горіння 1 молю потребує 9,52 моль повітря, то можна прийняти, що шар повітряної суміші для утворення цілісної плівки буде у 10 разів більшим – 0,01 мм, що співпадає з відомою товщиною фронту полум'я  $\delta_{фп}$ .

Тоді електрична іскра має прогріти таку сферу, об'єму якої достатньо для утворення на її поверхні плівки горючої речовини. Якщо порівняти кубічний елемент горючої суміші з гранню 0,01 мм, то такий об'єм прямокутного сектору сфери буде за радіусу 0,0125 мм. Але зовнішня поверхня цього сектору у 5,4 рази є більшою за фронт  $0,01 \times 0,01$  мм. Рівність буде для сфери радіусом 0,03 мм, що становить  $3\delta_{фп}$ . Але середня частина сфери – це область плазми, яка у конденсації участі не приймає. Тому прогріта сфера має бути більшою. На практиці приймають радіус мінімальної незгасаючої сфери –  $3,7 \delta_{фп}$  [1].

Змодельовано 4 схеми ініціювання та поширення полум'я: 1) за досягнення  $t_{cc}$  в усій суміші йде одночасний процес пероксидної кластеризації з конденсацією у губчасту плівкову структуру; 2) як за схемою 1, але за рахунок стиснення; 3) для дефлаграційного горіння за  $t_{cc}$  у фронті полум'я утворюється суцільна кластерна плівка; 4) для детонаційного горіння за певного тиску у фронті полум'я утворюється суцільна кластерна плівка або наноаерозоль.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О.В. та ін. Основні положення процесу горіння. Харків: НУЦЗ України, 2020. 408 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11382>
2. Каїм С.С., Каїм С.Д., Рок Р. Механізм генерації «гарячих точок» у фронтах детонаційних хвиль в конденсованих енергетичних матеріалах. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. 2009. Т. 7. №4. С. 1201–1226.
3. Трегубов Д. та ін. Співвідношення властивостей у гомологічних рядах вуглеводнів. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 2(38). С. 96–118.
4. Tregubov, D. et al. (2023). Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. Key Engineering Materials. 952. 131–142.
5. Search for Species Data by Chemical Name, NIST Chemistry WebBook, U.S. Department of Commerce. Doi: 10.18434/T4D303.
6. Трегубов Д., Тарахно О., Соколов Д., Трегубова Ф. Осциляційність характерних температур *n*-алканів внаслідок кластерної будови речовини. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. № 32. С. 14–30.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ КОНТРОЛЮ ТА МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ

*Чиркіна-Харламова М.А., к.т.н., доцент,*

*Слепужніков Є.Д., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Україна має розвинену ядерну енергетику, включаючи кілька ядерних електростанцій, що зумовлюють наявність радіаційних загроз. На діючих АЕС працює 15 ядерних енергетичних установок, з яких 12 працюють понад 30 років. Радіаційна безпека є важливою проблемою для України, враховуючи наявність Чорнобильської АЕС та інших об'єктів з радіоактивними речовинами. До заходів контролю та моніторингу радіаційної безпеки в Україні відносяться державний нагляд за ядерною та радіаційною безпекою. Цей нагляд здійснює Державна інспекція ядерного регулювання України (ДІЯРУ) [1]. ДІЯРУ відповідає за видачу ліцензій на діяльність з ядерними та радіоактивними речовинами, контроль за дотриманням ліцензійних умов, а також проведення інспекцій та перевірок і розслідування аварій та інцидентів. Щодо моніторингу радіаційного стану довкілля, то він здійснюється Державною службою України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) та іншими організаціями та включає вимірювання рівнів радіації в атмосфері, ґрунті та воді, контроль за радіоактивними викидами, а також оповіщення населення про радіаційну небезпеку. Інформування та навчання населення спрямовано на те, щоб населення знало про ризики радіаційної небезпеки та правила поведінки в разі радіаційної аварії. Заходи контролю та моніторингу радіаційної безпеки в Україні загалом є ефективними. Про це свідчить той факт, що рівні радіації в Україні залишаються в межах допустимих норм [2].

Особливу небезпеку для людей і навколишнього середовища становлять радіаційно небезпечні об'єкти. Тобто, об'єкти, де використовуються або зберігаються радіоактивні речовини, які можуть становити небезпеку для людей та довкілля [3]. Атомні електростанції генерують електроенергію за рахунок ядерного розпаду. Підприємства ядерно-паливного циклу займаються видобутком, переробкою та збагаченням урану, а також виготовленням ядерного палива. У науково-дослідних інститутах проводяться дослідження з використанням радіоактивних речовин. У медичних установах радіоактивні речовини використовуються для діагностики та лікування. Підприємства, що використовують радіоактивні ізотопи в різних галузях промисловості, наприклад, для дефектоскопії, контролю рівня рідини та товщини міру. Перелічені об'єкти завжди потребують підвищеної уваги, тому радіаційні небезпеки, які несуть дані об'єкти, повинні бути вчасно виявлені.

Для моніторингу радіаційного стану довкілля, контролю за радіоактивними матеріалами, а також захисту людей від радіаційної небезпеки використовують прилади радіаційного контролю [4]. Одним із приладів нового покоління є радіоізотопний ідентифікатор FLIR identiFINDER R440, який значною мірою базується на оригінальному IDENTIFIER. R400 здатний точно виявляти, локалізувати, вимірювати та ідентифікувати радіонукліди, які випромінюють гамма-випромінювання. Загальний вид приладу зображено на рисунку 1. FLIR identiFINDER R400 - це найпоширеніший у світі портативний пристрій для ідентифікації радіонуклідів (RID), який використовується в більш ніж 20 000 точках по всьому світу. Він використовується для виявлення, локалізації, вимірювання та ідентифікації радіоактивних джерел і видає швидкі візуальні, звукові і тактильні сигнали, які прискорюють заходи реагування.



**Рис. 1. Зовнішній вигляд FLIR identiFINDER R440.**

Використовується портативний R400 для виявлення, швидкого визначення місцезнаходження, вимірювання та ідентифікації джерела радіоактивного матеріалу. IdentiFINDER R400 є простим у використанні та має міцний корпус, що робить його ідеальним для використання в польових умовах. IdentiFINDER R400 використовує детектор гамма-променів високої роздільної здатності для ідентифікації радіонуклідів. Він має бібліотеку з понад 1000 радіонуклідів і може ідентифікувати радіоактивний матеріал за лічені секунди. Як і інші продукти серії identiFINDER R, R400 містить вбудовані технології Bluetooth, веб-сервер і GPS і видає швидкі видимі, звукові та тактильні оповіщення, які прискорюють реагування. Єдиний детектор зі справжнім підводним варіантом, який витримує до 30 метрів у воді необмежений час (IP68), і серед 20 000 пристроїв, які представлені на ринку, це детектор, якому найбільше довіряють у світі [5].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Державна інспекція ядерного регулювання України. URL: <https://snriu.gov.ua/>
2. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: <https://dsns.gov.ua/>
3. Chyrkina, M., Ponomarenko, R., Slepuzhnikov, E., Kozodoj, D. (2023). Determination of radioactivity of natural raw materials for the development of radiation-safe construction materials. AIP Conference Proceedings. 2684. 1. 040005-1-04005-7.
4. Chyrkina, M, Ponomarenko, R, Slepuzhnikov, E, Kozodoi, D. Radiation control of natural building raw materials. 9-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 17–19 листопада 2021 р., Харків: УкрДУЗТ, 2021. С. 193–195.
5. Smart Defense. Radioactive detectors. URL: <https://www.smartdefense.com/company/produksiya/flir-uk/radiatsijnij-zahist/>



## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ВОГНЕЗАХИСТУ БЕТОНУ ЗАСТОСУВАННЯМ ШТУКАТУРКИ

*Цапко Ю.В.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Бондаренко О.П.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Цапко О.Ю.<sup>3</sup>, PhD,  
Суханевич М.В.<sup>4</sup>, д.т.н., професор*

*<sup>1,3</sup>Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»,  
<sup>2,3,4</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури*

Бетонні та залізобетонні конструкції завдяки їх негорючості і порівняно невеликій теплопровідності є основою будівництва, однак, під час дії пожежі руйнівна дія вогню на бетон відбувається уже під час нагрівання до 250 °С, оскільки починається активне виділення води у вигляді пару, що призводить до мікровибухів. Для уникнення надмірного нагрівання конструкції з бетону розроблені заходи захисту від його руйнівної дії. Це відбувається за допомогою створення ізоляційного (захисного) поверхневого шару з негорючого матеріалу [1]. Тому об'єктом досліджень була зміна властивостей бетону під час пожежі та захисту його при застосуванні теплоізолювального шару штукатурки, що здатна до гальмування температури при дії полум'я на покриття.

Штукатурки або вогнезахисні сухі будівельні суміші представляють собою цементні або гіпсові склади з комплексом легких наповнювачів і спеціальних добавок, що утворюють покриття з високою адгезійною здатністю до бетону і відносно низькою густиною (400...600 кг/м<sup>3</sup>), які наносяться на поверхні конструкції товщиною 10...50 мм залежно від необхідного класу вогнестійкості, що може досягати R240. Проте, захист бетонних конструкцій штукатуркою в певній мірі призводить до значних матеріальних затрат та збільшення об'єму конструкції.

Для проведення досліджень вогнезахисної ефективності бетону використовували зразок бетону розміром 100×100×100 мм. Для дослідження ефективності вогнезахисту бетону на поверхню наносили шар штукатурки на основі портландцементу – 15 %, піску – 45 % та алюмосилікатних гранул – 40 %, яка здатна під дією високотемпературного впливу утворювати теплоізоляційний шар товщиною близько 16 мм. У зразку бетону, що оброблений штукатуркою, розташовували термопару та закріплювали під штукатуркою. Для проведення досліджень з вогнезахисту бетону штукатуркою використовували спеціальне обладнання з газовим пальником, що моделює джерело високої температури.

Випробування проводили, протягом 600 с, для чого пальник підводили до зразка вогнезахисного бетону, піддавали термічній дії і вимірювали температуру під шаром штукатурки. Критерієм визначення теплопровідності вогнезахисного бетону при термічній дії є утворення температури під покриттям штукатурки, яка не перевищує температуру початку руйнування бетону (250 °С). Результати досліджень із визначення передачі тепла зразком бетону наведено на рис. 1, 2.

Дослідження показали, що при дії полум'я пальника зразок вогнезахисного бетону витримав термічний вплив. При дії високої температури полум'я пальника з температурою понад 800 °С протягом 1800 с, температура на поверхні бетону під покриттям зі штукатурки не перевищила 120 °С.

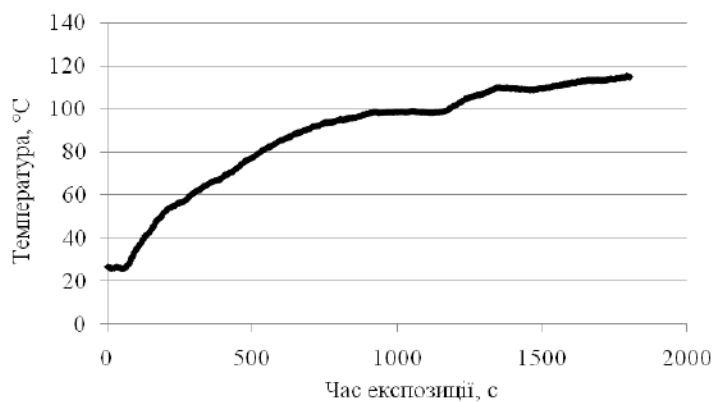


а



б

**Рис. 1. Визначення теплоізоляційних властивостей вогнезахисного зразка бетону: а – температурний вплив на зразок бетону; б – реєстрація температури.**



**Рис. 2. Значення температури на поверхні бетону під шаром штукатурки при впливі полум'я пальника.**

Таким чином, суттєвий вплив на процес захисту бетону при застосуванні вогнезахисного покриття здійснюється у напрямку утворення теплоізоляційного шару з алюмосилікатних мікросфер на поверхні бетону, стійкого до руйнування під дією високої температури.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Експериментальними дослідженнями з визначення теплоізоляційних властивостей зразка бетону, вогнезахисного штукатуркою з наявністю алюмосилікатних мікросфер, встановлено, що під час дії високої температури полум'я пальника з температурою понад 800 °C протягом 1800 с температура на поверхні бетону під покриттям зі штукатурки не перевищила 120 °C. Це обумовлено утворенням теплоізоляційного шару зі штукатурки на поверхні вогнезахисного бетону при додаванні алюмосилікатних мікросфер, що і уповільнює процеси передачі тепла до бетону та його руйнування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko, Y., Likhnyovskyi, R., Tsapko, A., Bielikova, K., Poteriaiko, S., Illiuchenko, P., Bondarenko, O. (2023). Determination of the regulations of the formation of the insulation layer of pinocox in fire protection of concrete with intumescent coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6/10 (126). 65–72. Doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.293685>

## ОЦІНКА АКТИВНОСТІ ГАЛЬВАНОВАР З УЧАСТЮ АМАЛЬГАМНИХ ПЛОМБУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Щеголева М.Г.<sup>1</sup>, к.м.н., доцент,  
Васильченко О.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Дармофал Е.А.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Харківський національний медичний університет,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>3</sup>Національний аерокосмічний університет «ХАІ»

Стоматологічна практика в даний час поряд з широким застосуванням фотополімерних пломбувальних матеріалів не виключає використання металевих (амальгамних) пломбувальних матеріалів [1], основна перевага яких полягає у стабільності фізико-механічних властивостей, високій експлуатаційній стійкості та відносній дешевизні. У зв'язку з цим амальгамні пломбувальні матеріали продовжують використовуватися в деяких країнах.

Так звані амальгами I покоління (срібні та мідні) мають деякі недоліки. Вони при замішуванні серед інших сполук утворюють гамма-2-фазу (олово-ртуть), що є найменш міцною, схильною до корозії частиною пломби. Наявність цієї фази призводить до фарбування зуба в сірий колір, виникнення вторинного карієсу та інших ускладнень [2]. Сучасні амальгами II покоління випускаються в капсулах без гамма-2-фази, елімінації якої вдалося досягти шляхом збільшення вмісту міді. Замість нестабільного з'єднання олово-ртуть утворюється стабільна фаза олово-мідь.

Часто доводиться стикатися з випадками, коли в ротовій порожнині пацієнта є не тільки пломби з різних амальгам, але й інші металеві включення (коронки, штифти, ортодонтичні апарати, брекети, ретейнери, дуги, імпланти). До проблемних недоліків таких обставин, як і до будь-яких інших стоматологічних металів і сплавів, належить їхня електрохімічна та корозійна активність у порожнині рота. З одного боку це спричиняє виникнення гальванозів, а з іншого є джерелом іонів та сполук важких металів, які потрапляють в організм і викликають алергічні реакції [1].

У роботі як досліджувані матеріали використовувалися пломбувальні амальгами, в т.ч. вітчизняні на основі міді та срібла, амальгама II покоління без гамма-2-фази «Oralloy» виробництва фірми Coltene (Швейцарія), зразки сталі 12X18H10T (матеріал для коронок та ортодонтичних апаратів) та хромокобальтового сплаву КХС (ортодонтична проволочка)

Для прогнозування корозійної стійкості окремих матеріалів використовують електрохімічні критерії, такі як потенціали корозії ( $E_k$ ), поляризаційні залежності ( $i-E$ ). Однак, при взаємодії матеріалів у порожнині рота самостійного значення набуває ще один показник електрохімічної активності – ефективність роботи гальванопар, що виражається в силі струму, що протікає в ланцюгу.

Негативний вплив гальванопар, що утворюються, проявляється у двох аспектах. По-перше, під дією різниці потенціалів і електрорушійної сили (ЕРС), що виникає, в тканинах організму може бути спровоковано перебіг незворотних окислювально-відновних реакцій, конкуруючих з природними біоелектрохімічними процесами, що, у свою чергу, призводить до певних патологічних змін.

Іншим небезпечним моментом функціонування гальванопари в ротовій порожнині є посилення корозійної активності одного з контактуючих металевих матеріалів (анодного, бо він має більш негативний стаціонарний потенціал,  $E_k$ ) Струми

різних видів гальванопар вимірювали в стаціонарних умовах і при механічній депасивації поверхні електродів.

Отримані результати електрохімічних досліджень дозволяють зробити низку висновків.

1. Серед розглянутих варіантів гальванокontaktів найбільшою потенційною активністю відрізняються гальванопари за участю амальгами на основі срібла, яка є анодом (має найбільш негативний електродний потенціал) по відношенню до мідної амальгами, амальгами «Oralloy», нержавіючої сталі 12X18H1XT.

2. Активність гальванопар, у тому числі і за участю срібної амальгами, з часом зменшується до безпечних для організму значень 1-3 мкА, зважаючи на пасивацію анодних поверхонь нерозчинними продуктами реакції – окисними або сольовими плівками.

3. Найнесприятливішим поєднанням є контакт (безпосередній чи через металевий провідник) срібної та мідної амальгам, що пояснюється високою ефективністю міді як катодного матеріалу.

4. У стаціонарних умовах (без депасивації поверхні) амальгама «Oralloy» не створює потенційної небезпеки в плані виникнення гальванозу при контактi з мідною амальгамою, сталлю 12X18H10T та КХС. Найбільш несприятливим є варіант контакту амальгами «Oralloy» зі срібною амальгамою, особливо в кислих середовищах.

5. Механічна депасивація поверхні металевих включень у ротовій порожнині може призвести до суттєвого зростання значення сили гальванострумів.

Корозійні випробування показали, що незважаючи на початкову електрохімічну активність в області потенціалу вільної корозії в нейтральному розчині 0,9 % NaCl і слаболужному 2 % NaHCO<sub>3</sub> мідна амальгама є корозійностійкою в цих середовищах внаслідок утворення на поверхні пасивних захисних шарів. Також очевидна перевага срібної амальгами у всіх досліджуваних розчинах.

Пломбувальний матеріал «Oralloy» без гамма-2 фази в корозійно-електрохімічному аспекті має переваги по відношенню до мідної та срібної амальгамів. Він корозійно стійкий у фізіологічному нейтральному та слаболужному розчинах, як і вітчизняна срібна амальгама, але перевершує її за електрохімічною інертністю.

Наведені результати досліджень показують, що при прогнозуванні інтенсивності гальванопроцесів, що виникають за наявності двох і більше різнорідних металевих включень у ротовій порожнині, різниця потенціалів між ними є необхідним, але недостатнім критерієм. Сила струму гальванопар істотно залежить від рН середовища, природи металевих включень та стану їхньої поверхні. Тому, при вирішенні питання сумісності нових пломбувальних матеріалів і раніше необхідно також враховувати їх положення на поверхні зуба (участь в оклюзійному контактi). Якщо поверхня амальгам піддаватиметься стиранню зубами-антагоністами, то ймовірність виникнення гальванозів значно підвищується.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Hofsteenge, J.W., Scholtanus, J.D., Özcan, M., Nolte, I.M., Cune, M.S., Gresnigt, M.M.M. (2023). Clinical longevity of extensive direct resin composite restorations after amalgam replacement with a mean follow-up of 15 years. *Journal of Dentistry*. 130. 104409.

2. Shyogoleva, M., Sevidova, O., Vasilchenko, A., Stepanova, I. (2020). Assessment of Electrochemical Compatibility of Structural Materials of Some Dental Products. *Materials Science Forum*. 1006. 253–258.

---

**AGENCY INTEROPERABILITY PRE, DURING AND POST CBRN/TIH INCIDENTS**

*Arduengo F.*

*International Committee of the Red Cross WeC Chemical, Biological, Radiological and Nuclear UA Delegation, Switzerland*

Contribution to fulfilling the objectives of a major incident transcends the individual departments, organizations, and even national levels of government responsible for responding and otherwise contributing towards incident management. In a perfect world, incidents are managed by the lowest level of government, and when severity of the incident surpasses the established limitations of them, activation of the next level of government and its resources comes into effect. The unique nature of CBRN and TIH requires adequate and proportionate responses in a timely manner in an effort to rapidly contain the incident and prevent it from escalating beyond initial hazardous release. To best shape a desired and practical outcome in this space, significant time and resources must be borne from the collective of responsible agencies and organizations before incidents occur, be properly managed during an incident, and once the mitigation is implemented, to close down or close out the incident.

This is easy to simply write down and enable policy, however due to the severity and complications of what is a CBRN/TIH incident, response and mitigation will require a ‘joint’ coordinated response plan, collective training and experience for what amounts to hands and feet skills among responders, medical workers, logistic staging and procurement, communication and control enabling and establishment, and most importantly, a unified, transparent and collaborative effort to provide the best possible practices among stakeholders while eliminating duplication of effort and contributing to the economy of resources. Furthermore, environmental governance and conflicting interagency policies and funding will exacerbate the capabilities and limitations of what organizations and agencies can and cannot provide. However incidents stemming from CBRN/TIH do not favor frugal financial or logistic practices. The unfortunate reality with incidents of this nature are that you can spend considerable time and resources prepared to respond and manage the incident, or pay a significantly steeper cost – especially that in lives, when preparedness has not been enabled and the incident exceeds existing containment.

CBRN/TIH pre-incident management requires a proactive approach to forecast and develop necessary framework before an incident occurs. Whether enacting governmental policy for dealing with incidents that affect multinational borders, to determining the appropriate material for gloves and other protective equipment, considerations need to be made at various levels to best enable proactive response considerations. This will involve total government participation and will shape and promote the necessary structure and stages of enabling stakeholders. A common obstacle to enabling pre-event planning and preparedness is the existing limitation associated with the integral organizations staying within their own lanes, and as they should to prevent exceeding the boundaries of their inherent métiers. However, during the total response phase of incident management, it is paramount for the same integral agencies and organizations to effectively handover subjects from their individual control, to the next enabling body, for example from the process of decontamination to the appropriate health authorities that manage casualties processed from an incident site. To ensure the priority – the casualties themselves – it is imperative that policies, procedures and techniques are clearly understood from both the rescuer stage, to the transfer of patient care onto medical practitioners. While their roles and governance are clearly separate, a clearly defined instance of interoperability is necessary to outline and define the best possible practices for both stakeholders. This shall ensure that the associated expectations of each organization are clearly understood, in order to eliminate any possible confusion and ensure that the priority ‘casualty

care' is managed and precious time is afforded to the seamless transition, rather than erroneously taking things in a direction that is counter productive to either entity.

During an incident, various agencies and organizations will commit resources, usually heavy in terms of logistics, towards reacting to the incident. Without predetermined plans and strategies, duplication of effort increases and may inadvertently affect the physical site of the incident with a saturation of a particular resource, and potentially deny access to others. Access routes and physical ground space will become a premium for the responding organizations, and without clearly defined boundaries and controls, saturation of emergency services in a localized space can prevent appropriate resources from contributing positively and practical implementation of life-saving resources. Concurrently, enabling logistics will need to access the operating site for emergency services to ensure that their operations remain continually sustained for the duration of response operations. Without coordination and information management among all stakeholders, control of the response will erode, and application of life saving response and containment measures will be unnecessarily affected for the worse.

Post incident management requires coordinated and effective guidance. With the emerging absence of emergency responders and supporting personnel and logistics, there could exist a risk for loss of containment, or secondary release. Another factor necessary for the close out and incident is the necessity for all the stakeholders to successfully reconstitute their resources and capacities to carry on at levels prior to the incident occurring. Emerging beyond this stage is the need to determine how to restore physical normalcy of persons and infrastructure affected from the release, and in situations where wide spread contamination has occurred, weighing the impact of managing large numbers of displaced persons, absence of critical infrastructure to support areas adjacent to the affected area, and enacting the necessary means to prevent and mitigate from the situation ever occurring again. Perhaps the most important milestone post incident is the restoration and maintenance of public trust in the establishment's capability and capacities to appropriately react and respond to major incidents.

In conclusion, success towards effective and successful response to a CBRN/THI incident will require a multijurisdictional, multidisciplinary, and multigovernmental approach. Long before an incident is to have occurred, each agency and department, regardless of its place in governmental hierarchy has a seat at the table to develop and shape the considerations for managing the crisis from cradle-to-grave. Information Management and significant transparency on focus of efforts, as well as ownership of determined gaps, will be necessary to foster positive and professional relationships between the various entities. Delays in implementing unified cooperation and information sharing at every level and obstructing stakeholders in the accomplishment of its roles and responsibilities, will only hinder successful response operations and degrade the collective ability for life saving measures and overcoming the challenges relating to the incident.

---

**BIOMEDICAL AND CHEMICAL COUNTERMEASURES AGAINST RISKS  
ASSOCIATED WITH BIODEFENSE THREATS**

---

*Cochrane L.*

*Emergent Countermeasures International Limited Company, London, United Kingdom*

The proliferation of biological and chemical weapons poses significant challenges to global public health and security. The United States Centers for Disease Control and Prevention (CDC) categorizes biological agents based on their ease of spread and the severity of disease they cause. Category A agents, including anthrax, botulism, Ebola virus, and smallpox, are of utmost concern due to their potential for high morbidity and mortality, ease of dissemination, and past/potential use as weapons.

Within the realm of chemical warfare agents, organophosphate (OP) nerve agents stand out for their ability to irreversibly inhibit acetylcholinesterase (AChE), and thus disrupting neuronal transmission. Current treatments for OP poisoning rely on anticholinergic agents, cholinesterase reactivators, and anticonvulsants. Skin decontamination plays a pivotal role in mitigating the harmful effects of chemical warfare agents (CWAs) on exposed individuals.

Despite the formidable threat posed by Category A biological agents and CWAs, there are opportunities for medical intervention. This work offers a comprehensive overview of Emergent's product portfolio for anthrax, botulism, Ebola virus, smallpox, and chemical countermeasures. Furthermore, this work further delves into the situational effectiveness of these countermeasures, underscoring the critical need for robust preparedness strategies to mitigate the impact of biological and chemical weapons.

**Anthrax:**

- Anthrasil<sup>®</sup> [anthrax immune globulin intravenous (human)] is a polyclonal antibody approved/licensed in the United States and Canada for the treatment of inhalational anthrax when combined with appropriate antibacterial drugs.<sup>1,2</sup> The efficacy of Anthrasil<sup>®</sup> product is based solely on efficacy studies conducted in animal models of inhalational anthrax.

- BioThrax<sup>®</sup> (anthrax vaccine adsorbed) is an anthrax vaccine approved/licensed in the United States and Canada for pre-exposure prophylaxis (PrEP) and post-exposure prophylaxis (PEP) of inhalational anthrax when used in combination with recommended antibacterial drugs, and in Singapore for PrEP only.<sup>3-5</sup> The efficacy of BioThrax<sup>®</sup> vaccine for PEP is based solely on studies in animal models of inhalational anthrax.

- Cyfendus<sup>®</sup> (anthrax vaccine adsorbed, adjuvanted) is an immunogenically enhanced, anthrax vaccine for PEP, and is approved/licensed in the United States for PEP of inhalational anthrax when combined with recommended antibacterial drugs.<sup>6</sup> The efficacy of Cyfendus<sup>®</sup> vaccine for PEP is based solely on studies in animal models of inhalational anthrax.

- Raxibacumab is a monoclonal antibody anthrax antitoxin approved/licensed in the United States for the treatment of inhalational anthrax in combination with appropriate antibacterial drugs, and for PEP of inhalational anthrax when alternative therapies are not available or are not appropriate.<sup>7</sup> The effectiveness of raxibacumab is based solely on efficacy studies in animal models of inhalational anthrax. There have been no studies of raxibacumab in the pediatric population. Dosing in pediatric patients was derived using an extrapolation approach.

**Botulism:**

- BAT<sup>®</sup> [Botulism antitoxin heptavalent (A, B, C, D, E, F, G)—(equine)] is a mixture of immune globulin fragments approved/licensed in the United States, Canada, and Singapore for the treatment of symptomatic botulism following documented or suspected exposure to botulinum neurotoxin serotypes A, B, C, D, E, F, or G in adults and pediatric patients.<sup>8,9,10</sup> The effectiveness of BAT<sup>®</sup> product is based solely on efficacy studies conducted in animal models of botulism.

### **Ebola Virus:**

● EBANGA™ [(ansuvimab-zykl) for injection, for intravenous use] is approved/licensed in the United States for the treatment of infection caused by *Zaire ebolavirus* in adult and pediatric patients, including neonates born to a mother who is RT-PCR positive for *Zaire ebolavirus* infection.<sup>11</sup> The efficacy of ansuvimab-zykl has not been established for other species of the Ebolavirus and Marburgvirus genera. Emergent is responsible for the manufacturing, sale, and distribution of Ebanga™ monoclonal antibody in the United States and Canada. Ebanga™ monoclonal antibody is a trademark of RIDGEBACK BIOTHERAPEUTICS L.P.

### **Smallpox:**

● ACAM2000® [Smallpox (vaccinia) vaccine, live] is approved/licensed in the United States, Canada, Singapore, and Australia for the active immunization of smallpox disease for persons determined to be at high risk for smallpox infection.<sup>12-15</sup>

● VIGIV CNJ-016® [Vaccinia immune globulin intravenous (human)] is approved/licensed in the United States and Canada for the treatment of complications associated with vaccination with the ACAM2000® vaccine.<sup>16,17</sup>

● TEMBEXA® (Brincidofovir oral tablets, oral suspension) is approved/licensed in the United States and Canada for the treatment of human smallpox disease caused by variola virus in adult and pediatric patients, including neonates.<sup>18,19</sup> Brincidofovir is not indicated for the treatment of diseases other than human smallpox disease. The effectiveness of brincidofovir for the treatment of smallpox disease has not been determined in humans because adequate and well-controlled field trials have not been feasible, and inducing smallpox disease in humans to study the drug's efficacy is not ethical.

### **Chemical Countermeasures:**

● RSDL® (Reactive skin decontamination lotion kit) is approved/cleared/licensed in the United States, Canada, Australia and Israel for the removal or neutralization of chemical warfare agents (tabun, sarin, soman, cyclohexyl sarin, VR, VX, mustard gas) and T-2 Toxin from the skin.<sup>20</sup> It is also CE-marked in the European Union for the removal or neutralization of chemical warfare agents (tabun, sarin, soman, cyclohexyl sarin, VR, VX, mustard gas), T-2 toxin, and organophosphate pesticide-related chemicals from the skin.<sup>21</sup>

## **REFERENCES**

1. Anthrasil®. US Prescribing Information. January 2018.
2. Anthrasil®. Canada Product Monograph. January 2019.
3. BioThrax®. US Prescribing Information. November 2015.
4. BioThrax®. Canada Product Monograph. May 2022.
5. BioThrax®. Singapore Prescribing Information. June 2011.
6. Cyfendus®. US Prescribing Information. July 2023.
7. Raxibacumab. US Prescribing Information. June 2021.
8. BAT®. US Prescribing Information. October 2020.
9. BAT®. Canada Product Monograph. November 2020.
10. BAT®. Singapore Health Sciences Authority. New Drug Approvals – July 2019.
11. Ebanga™. US Prescribing Information. May 2022.
12. ACAM2000®. US Prescribing Information. March 2018.
13. ACAM2000®. Singapore Prescribing Information. February 2019.
14. ACAM2000®. Australian Product Information. June 2020.
15. ACAM2000®. Canada Product Monograph. December 2023.
16. CNJ-016® (VIGIV). US Prescribing Information. November 2018.
17. CNJ-016® (VIGIV). Canada Product Monograph. July 2018.
18. Tembexa®. US Prescribing Information. April 2022.
19. Tembexa®. Canadian Product Monograph. December 2023.
20. RSDL®. Safety Data Sheet (US, AUS, CAN, ISR). October 2017.
21. RSDL®. Safety Data Sheet (European Union). June 2015.



---

**CBRN RESPONSE UNDER THE EUROPEAN FLAG**

---

*Cosentino I.**European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations, Belgium*

The Emergency Response Coordination Centre (ERCC) has been providing a constant multifaceted support to Ukraine since Russia's illegal invasion of the country. Encompassing not only resource mobilization in the medical, CBRN, shelter and energy area but also through coordination, information sharing, capacity-building, and advocacy. As, for instance, has been the case during the CBRN advisory mission to Ukraine, that has been carried out in partnership with the State Emergency Service of Ukraine (SESU). During this mission, 21 experts, including 3 Liaison Officers (LO) from the ERCC, were deployed to Poland and Ukraine for 2 weeks. This advisory mission lays the groundwork for bolstering Ukraine's resilience against CBRN hazards through strategic collaboration and capacity-building initiatives facilitated by the Union Civil Protection Mechanism (UCPM) and other EU institutions.

Therefore, in a global landscape marked by emerging risks and evolving environmental and security challenges, the development of rescEU capabilities under the UCPM is a concrete way to enhance the European Union's (EU) preparedness and resilience against multifaceted hazards.

Fully financed by the EU, rescEU is a comprehensive and dynamic civil protection tool enabling state to state support through the provision of surge capabilities in areas ranging from forest fires to the chemical, biological, radiological, and nuclear area (CBRN), from shelters to MEDEVAC to energy and transport. rescEU places paramount importance on capacity building and training and concentrates on the establishment of a harmonized framework for cross-border collaboration, supporting Member States and Participating States to the UCPM in times of crisis. Hence, this initiative works towards eliminating gaps in response efforts, equipping first responders and medical professionals with cutting-edge technologies and specialized skills to respond to disasters effectively. All this is carried out sharing know-how and fostering partnerships through inter-institutional collaboration, emphasizing synergies not only between Member States but also between research centres, specialized institutions, and the private sector.

When it comes to rescEU CBRN, three streams of capabilities are under development, notably decontamination capabilities, detection, sampling, identification, and monitoring capabilities and CBRN/medical strategic stockpiles (comprising, medical countermeasures, intensive care medical equipment, personal protective equipment and CBRN response equipment), which are worth several hundreds of millions of euros and are geographically distributed across Europe.

In the past years, rescEU, which was originally conceived as a preparedness tool, has been heavily put to test first with Covid-19 and then with the invasion of Ukraine. In fact, since the start of the war, from the rescEU strategic stockpiles alone, over EUR 60 million worth of items have been channelled to Ukraine (including potassium iodide tablets, antidotes, decontamination supplies, personal protective equipment, chemical detectors, and intensive care unit equipment comprising oxygen concentrators, ultrasounds, and ventilators).

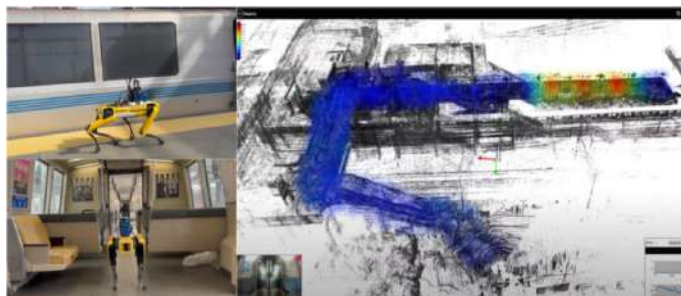
Disasters know no borders and can simultaneously hit one or several countries without warning. Hence the development of rescEU capabilities embodies the EU's dedication to safeguarding its citizens against a diverse range of threats. In fact, through a proactive approach, sharing know how, a well-coordinated joint response under the UCPM, and the use of innovative technologies, rescEU strives to create a secure and resilient Europe.

**NEXT GENERATION 3D RADIATION MAPPING AND VISUALIZATION  
TECHNOLOGIES FOR EMERGENCY RESPONSE***Haefner A.**Gamma Reality Incorporated, United States*

Combining advanced multi-sensor systems with robotic platforms to conduct remote or autonomous surveys of unknown and potentially hazardous environments enables faster, safer, and more efficient ways to assess large areas. Gamma Reality Inc. provides 3D radiation mapping, data fusion, and visualization technologies that are remotely deployable on various robotic platforms, including unmanned aerial systems and ground robots.

These state-of-the-art technologies for enhanced detection, identification, mapping, and intuitive communication of nuclear and radiological threats and hazards to inform faster, safer, and more efficient assessment and response. The commercially available LAMP is a compact, multi-sensor system, which includes a radiation detector (gamma-ray imager or dual neutron and gamma-ray detector), a LiDAR sensor, visual camera, and onboard computing for real-time data processing and communication. LAMP enables 3D radiation and LiDAR mapping data fusion and augmented reality radiation views for intuitive situational awareness, while also providing critical radiation data: isotope identification, dose rates, spectra, and isotope-specific mapping and visualization. LAMP can be operated in handheld mode, as well as on manned or unmanned aerial and ground vehicles, which enable more flexible and safer deployments for dynamic nuclear security missions. These next generation capabilities for radiation detection broadly benefit nuclear security and safeguards, as well as other applications including radiation protection, decommissioning, and emergency response applications.

Case studies will be presented on the different applications pertaining to emergency response, security, and radiation protection. For example, in the case study shown below in Figure 1, the LAMP system was remotely deployed on a Boston Dynamics Spot robot during a regional emergency response exercise in the San Francisco Bay Area to map and identify radiological hazards in a train station and on a commuter train. The 3D radiation map shown in the right of Figure 1, was streamed in real-time to the command center and provided first responders with a rapid and visually intuitive localization identification of radiological hazards on the train. System controls and data streaming was done over a mesh radio network for longer-range and secure communications.



**Fig. 1. The images on the left show LAMP+Spot surveying the transit station and the inside of a train. The right side features a screenshot of the LAMP user interface showing the 3D radiation map localizing three sources in the first two train cars.**

Combining multiple state-of-the-art technologies in multi-sensor radiation detection, 3D mapping, robotics, and communications provide game changing capabilities to support assessment and response to emergency situations involving potentially hazardous materials.

## STUDY OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ABSORPTION BY POLYMER CERAMIC-INORGANIC COMPOSITES

*Lebedev V., PhD, Associate Professor,  
Riabchenko M.,  
Shestopalov O., PhD, Associate Professor,  
Tykhomyrova T., PhD, Associate Professor  
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»*

The widespread polymer composites using for electromagnetic radiation absorption is mostly associated with information technology development and modern electromagnetic pollution emergence, such as electromagnetic interference and radiation, noise, radio frequency jamming, etc. [1, 2].

The aim of the presented work is to study polymer ceramic-inorganic composites for electromagnetic radiation absorbing.

To achieve this aim, the following tasks should be solved:

- investigate CIGF fillers impact on properties of epoxy-based polymer ceramic-inorganic composites;
- determine the electromagnetic radiation absorption characteristics of epoxy-based polymer ceramic-inorganic composites.

To receive polymer ceramic-composites for absorbing electromagnetic radiation next materials were used:

- epoxy resin based on Epikote Resin MGS LR 285 and Epikure Curing Agent MGS LH 285 (USA);
- silicon carbide SiC powder (particles size 50–65  $\mu\text{m}$ , specific volume resistivity,  $\rho_v$ , melting temperature 2700 °C and coefficient of linear thermal expansion,  $\alpha$ , between  $5 \cdot 10^6$  and  $7 \cdot 10^6$ ,  $\text{K}^{-1}$ );
- chromium oxide powder  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (particle size 2–5  $\mu\text{m}$ , melting temperature 2435 °C, boiling temperature near 4000 °C);
- graphite powder (particle size 20–25  $\mu\text{m}$ ), which was received from standard graphite workpiece;
- potassium titanate nanoparticles were received by charge sintering that contains  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  and  $\text{KCl}$ . The  $\text{TiO}_2:\text{K}_2\text{O}$  was used in the ratio (in moles) from 4:1 to 7:1 with the addition from the mass S  $\text{TiO}_2:\text{K}_2\text{O}$  20 % wt.  $\text{KCl}$ .

Polymer ceramic-inorganic composites were produced by mixing epoxy resin with silicon carbide SiC powder, chromium oxide  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  powder, graphite powder and potassium titanates nanoparticles (in amounts of 10–20 % wt and curing at 60 °C for 2 hours.

Photos of polymer ceramic-inorganic composites based on the epoxy resin, silicon carbide SiC powder, chromium oxide  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  powder, graphite powder and potassium titanates nanoparticles samples are presented in fig. 1. Primary research was directed to study silicon carbide SiC, chromium oxide  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , graphite and potassium titanate nanoparticles introduction impact on polymer ceramic-inorganic composites strength and technological properties. Complex of technological and strength characteristics were researched and compositions with a higher silicon carbide SiC - 10 wt% content were studied, while chromium oxide  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , graphite content in 5–25 % wt. range was optimized.

Results shows, that addition of silicon carbide SiC, chromium oxide  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , graphite and potassium titanate nanoparticles into the epoxy resin up to 20 wt% filler content increases the composite impact strength and breaking stress during bending. The CIGF fillers complex

system using advantage is proven by studying the nature of modification effect on ceramic-ferromagnetic-graphite polymer composites for electromagnetic radiation absorption.



**Fig. 1. Photo of polymer ceramic-inorganic composites: A – pure epoxy resin; B - epoxy resin with 20 % wt. SiC; C - epoxy resin with 10 % wt. graphite +10 % wt. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; D - epoxy resin with 20 % wt. potassium titanates.**

For polymer ceramic-inorganic composites with optimal strength characteristics, microwave transmission and reflection were measured by the PNA N5227A vector network analyzer in the frequency range of 1–67 GHz, 2-ports with one source, source and receiver attenuators, and materials properties measurement capability. It was found, that the minimal reflection  $S_{11}$  is observed for polymer ceramic-inorganic epoxy composites with 20 wt% SiC and 20 wt%. potassium titanates. The minimal transmission  $S_{21}$  is observed for polymer ceramic-inorganic epoxy composites with 20 wt% SiC and 10 wt% graphite +10 wt% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Such results indicate the advantage of complex fillers system in designing of effective materials for electromagnetic radiation absorption.

#### REFERENCES

1. Yu, W.C., Zhang, G.Q., Liu, Y.H., Xu, L., Yan, D.X., Huang, H.D., Tang, J.H., Xu, J.Z., Li, Z.M. (2019). Selective electromagnetic interference shielding performance and superior mechanical strength of conductive polymer composites with oriented segregated conductive networks. *Chemical Engineering Journal*. 373. 556–564.
2. Rusly, S.N.A., Matori, K.A., Ismail, I., Abbas, Z., Awang, Z., Zulkimi, M.M.M., Idris, F.M., Zaid, M.H.M., Zulfikri, N.D. (2018). Microwave absorption properties of single- and double-layer coatings based on strontium hexaferrite and graphite nanocomposite. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 29. 14031–14045.

---

**PREVENTING MASS PANIC: WHY IT IS IMPORTANT TO EDUCATE THE PRESS  
ON CORE RADIOLOGICAL ISSUES AND HOW TO DO SO SUCCESSFULLY***Romano L.**University of Rome Tor Vergata, Italy*

We have known for a long while that one of the key issues during radiological and nuclear events is psychology. Gathered evidence amongst survivors of the atomic bombings in '45, people affected by the Chernobyl disaster and Japanese evacuees from the Fukushima nuclear meltdown shows that the psychological effects of radiological events are deep and widespread and may sometimes even have consequences on public health that trump the ones directly attributable to radiation (Bromet, 2012; Havenaar, Bromet & Gluzman, 2016; Bolt, Helming & Tintle, 2018, etc.). In order to fight the stigma associated with radiation exposure as well as implementing better emergency procedures without disruptions caused by mass panic, it is pivotal to educate the press about the fundamentals of radiation protection and nuclear safety.

Although several differences exist between countries when it comes to education and familiarity with radiological issues, a common idea in western countries is that every type and amount of radiation poses a lethal threat to human health: in fact, the word “radioactive” is often used in press news to convey the meaning of a danger that is superior to others (e.g.: “traffic of hazardous, toxic and radioactive waste”, a common expression that can be found in many italians press headlines).

Indeed, the current radiation protection model, known as LNT (Linear No-Threshold) supports the idea that every amount of radiation can be potentially harmful to human health, but even if we discount the fact that many scientists consider this model obsolete (for example Tharmalingam, Sreetharan, Brooks & Borehan, 2019; Golden, Bus & Calabrese, 2019; etc.), even proponents of the LNT model admit that a quasi-threshold exists at 100 mSv of effective dose, below which the stochastic effects of ionizing radiation on human health are statistically indistinguishable from zero (position statement of the Health Physics society “Radiation risk in perspective”, 1996, revised 2016 & 2019).

But even if we admit that every amount of radiation intake carries a risk, it is important to quantify such a risk and put it in perspective with other risks we as humans face everyday. For example, an exaggerated fear of radiation can lead people to take unnecessary greater risks to avoid a small radiation intake, or even the possibility of such an intake: a prime example of this effect is the widespread fear of nuclear power, which led countries like Germany and Italy to shut down their civil nuclear program in order to avoid the possibility of nuclear accidents (a possibility that, even in older western-built reactors, was extremely low), resorting to fossil fuels to produce electricity instead, which are way more detrimental to human health (Kharecha & Hansen, 2013; Jarvis, Deschenes & Jha, 2019).

Another occurrence of detriment to human health caused by fear of radiation is the refusal of radiation therapy by some patients, which leads of course to worse health condition because of ongoing diseases (Hamidi, Moody & Kozak, 2010).

When it comes to emergency situations, the lack of proper understanding of risks and dangers (the words are also different, and this difference is not a trivial fact for the general public, but addressing this is beyond the scope of this presentation) becomes of primary importance. During an emergency, crowd control issues arise, people are already prone to panic and trust in the first hand respondent is pivotal.

If the emergency involves the release of radioactive material, the likelihood of a panic-induced reaction increases severely. A case-study is certainly represented by the Fukushima dai-ichi nuclear accident in 2011, where the amount of radiation released was too little to have measurable epidemiological effects on the affected population (cfr. UNSCEAR 2020-21 Report, Volume II, Annex B - Sources, effects and risks of ionizing radiation), but nevertheless prompted the unnecessary evacuation of 160.000 people, which in turn caused more than 1000

premature deaths due to stress, lack of medical care during the evacuation, etc. (Waddington, Thomas, Taylor & Vaughan, 2017).

This was also caused by a general lack of understanding of how a nuclear power plant works, how radiations are transported, how an intake can happen, how radioactive decay works, and the core rules of radiation protection.

During the Russian full-scale invasion of Ukraine, this lack of understanding of nuclear and radiological risk (and unwillingness to get informed on the matter) was particularly relevant in western press, and it caused a relatively high amount of fake news to be spread not just on social media, but on big news outlet.

During the first months of the invasion, it was reported that some Russian forces were hospitalized in Belarus because of radiation poisoning, following the digging of trenches in the Chernobyl exclusion zone: while the IAEA wasn't able to confirm or deny the allegations, we know from studies carried on on wildlife that the dose received by animals living underground in that very same terrain (e.g.: worms) is in the hundreds of mSv/year, while the doses required to induce radiation poisoning are in the hundreds of mSv/hour, 4 orders of magnitude higher. The rumor could therefore be ruled out as likely false since the beginning, and it was indeed based on a Facebook post, that was later deleted, but even now there are articles reporting the fake news that can be found in news archives: this would not have happened if the press had a basic core knowledge of radiation and dosimetry.

On the 4th of March, 2022, Russian occupation forces seized control of the Zaporizhzhia Nuclear Power Station, in Enerhodar; during the attack, an administrative building was shelled and caught fire: the days after, major newspapers throughout all Europe reported about the possibility of a nuclear disaster, despite an assessment by IAEA that the safety of the reactors was not compromised. This in turn caused several people in countries like Italy and Belgium (and possibly others) to rush to drugstores to buy Iodine tablets, in fear of an upcoming radioactive cloud and possibly to their own detriment, as Iodine can have severe side effects and should be taken only when advised by a professional MD.

On the 14th of May, 2023, another wave of fake news spread through Europe after the shelling of some infrastructures in Khmelnytskyi: it was falsely reported that the shelling damaged an ammunition depot containing Depleted Uranium API Ammunition. The fake news circulated widely on social media alongside images of a mushroom-shaped explosion cloud, reminiscent of an atomic bomb, and news of a dramatic rise in radiation levels in the area. As it comes, the image was a fake, the radiation levels rise was well within the natural variability of background radiation and not concerning at all, and also the rise happened two days before the shelling. Once again, if any journalist had any basic education on the subject, they would know that the radiation level increase was not to concern anyone, and they would also know that Depleted Uranium is not fissile and cannot undergo a chain reaction. It is worth noting that Russian media outlets such as TASS contributed to the spread of this fake news, with the Russian Foreign Ministry warning European citizens of an upcoming radioactive cloud: this alone should sound an alarm, as it shows that the lack of education of our journalists on these matters can be exploited to our own detriment.

Finally, on the 6th of June, 2023, Russian occupation forces destroyed a significant portion of the Nova Kakhovka dam: in such dramatic circumstances, most western media outlets focused their attention again on the Zaporizhzhia nuclear power station, whose cooling systems could be affected, completely neglecting the infrastructural disaster, the possible impact on food supply and the biological risks. Again, a minimal education in nuclear matters could have sufficed for them to know that the reactors at ZNPP were all shutdown, most of them in cold-shutdown even, thus they didn't require but a minimal amount of cooling water, which could be supplied easily on site.

While the damage of this irresponsible reporting was indeed minimal, if a real situation was to arise in Europe or North America, involving a dispersion of radioactive material, the potential damage caused by panic, fueled by fake news and misleading headlines, could be massive. It is therefore pivotal to start a conversation with the press about the need to educate the journalist about radiological and nuclear risks.

---

---

**DRY DECONTAMINATION FOR IMMEDIATE AND OPERATIONAL  
(EMERGENCY) DECONTAMINATION IN CASE OF CHEMICAL INCIDENTS  
INVOLVING CHEMICAL WARFARE AGENTS AND TOXIC INDUSTRIAL  
CHEMICALS**

*Rothbacher D., PhD*

*Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Protection GmbH, Austria*

Decontamination is a process of removing or neutralizing contamination of chemical agents. It shall be done as quickly as possible, and decontamination of personnel has priority over equipment and terrain. The quality of decontamination ranges from immediate through operational to thorough, according to NATO Terminology Management System, and the level of decontamination to be achieved will depend on the mission.

Many of the current decontamination technologies are wet solutions, with a high impact on the logistics and waste disposal. In addition, they tend to damage the surface or equipment being decontaminated, so sensitive material and/or extremely high-cost equipment cannot be decontaminated with these systems. This is extremely important for large-scale decontamination systems, which usually require dedicated platforms and a high volume of water. In addition, current decontamination systems can be toxic for humans.

Therefore, it is recommended to use dry non-toxic systems for emergency (immediate) decontamination which allow the rapid decontamination of skin (personnel), sensitive material, as well as the reduction of the logistic fingerprint and waste disposal. The emergency decontamination system should also be scalable (operational decontamination level), meaning that it can be applied at small scale as well as at large scale.

Rapid decontamination is essential to minimize injury, prevent loss of life, and inhibit the uncontrolled spread of contamination. Immediate and operational decontamination must be carried out, to remove, contain and possibly neutralize contaminants.

FAST-ACT is an example for immediate (emergency) and operational dry decontamination system for CWAs and TICs, simple in design, small logistical footprint and more reliable than thorough decontamination systems through its extremely short setup and fast strike time.

FAST-ACT is a dry multipurpose decontaminant, that promotes the quick removal of gross contamination through *DECON* (*DE*contamination, *CO*ntainment and *Ne*utralization) and therefore significantly reduces the risks of high contamination densities.

FAST-ACT has a very high material compatibility, thus it can be used for any platforms, not only for CBRN hardened ones. It does not degrade target equipment.

FAST-ACT is compatible with any existing NATO decontamination equipment.

The level of workforce required and the degree of expertise and training needed to operate the system, including any additional personnel necessary for initial installation/setup, is very minimal.

Dry decontamination should therefore be the default option for emergency decontamination of Chemical Warfare Agents and Toxic Industrial Chemicals.

---

---

**MISSIONS OF JOINT CHEMICAL, BIOLOGICAL, RADIOLOGICAL  
AND NUCLEAR DEFENCE CENTRE OF EXCELLENCE**

***Reich WKH***

*Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence Centre of Excellence,  
Czech Republic*

Chemical incidents can, when they are large-scale, quickly affect vast areas and reach beyond borders. Therefore, a timely response is required, and it needs to be ensured that resources are swiftly allocated to the stricken areas and information is shared among stakeholders and the public. A non-timely response may result in an increase in lethal contacts and overall more severe effects on the affected areas and its population. Furthermore, an incident can also have its roots within an intentional release, as might be the case during insurgency and terrorism.

To conduct such an attack, aggressors can either utilize toxic industrial chemicals (TIC) or chemical warfare agents (CWA), with the latter being harder to obtain and produce. Moreover, they can use vast ways of delivery. For the preparedness phase it becomes crucial to understand that information sharing beforehand can lay the basis for information sharing during a crisis situation. The problem that arises here is that chemical agents can spread fast and affect multiple countries easily. Therefore, information about the spread and predicted spread needs to be disseminated fast to evacuate areas and ensure an adequate response. I

In any CBRN incident, during a peacetime situation, first responders would be the ones who must supply the initially needed capabilities and who need to identify and forward CBRN-related information to the adequate authorities. Furthermore, one's own civilian capabilities might soon reach its limits and military or international assistance either through civil or military needs can mitigate the potential damage. A further aspect that NATO and every research addressing a topic within the CBRN world will face, is a lack of practical experience. The lack of practical examples and experience has the subsequent effect that awareness decreases. CBRN incidents, including large-scale chemical incidents, did not occur yet, they are commonly referred to as high-impact and low-probability events.

The JCBRN Defence COE is a NATO Military Body and multi-nationally sponsored organization which offers recognized CBRN expertise and experience to the benefit of the Alliance and other partners. It is not part of the NATO Command Structure (NCS) or of other NATO entities, but forms part of the wider framework that contributes to the functioning of the Alliance. It focuses its support within the four pillars of NATO's COE programme:

- Education, Training, Exercise and Evaluation;
- Analysis and Lessons Learned;
- Doctrine Development and Standardization;
- Concept Development and Experimentation; and
- Optionally, in direct support of operations as reciprocally agreed with SACEUR and coordinated with SACT.

JCBRN Defence COE Mission and Tasks:

- Provide advice in all CBRN defence related areas;
- Develop CBRN defence doctrines, standards and knowledge to support the improvement of interoperability and capabilities;
- Provide opportunities to enhance education and training;
- Contribute to the relevant lessons learned processes; and
- Within an approved Programme of Work, assist NATO, Sponsoring Nations and Partners in CBRN defence related efforts including validation through experimentation and support of operations.

JCBRN Defence COE Director's Intent:



---

- Centre of gravity for CBRN defence-related expertise, experience and transformation within the Alliance without duplicating or competing with already existing NATO capabilities.

- Strive to be / for:
- NATO strategic CBRN defence "think-tank";
- Driver of CBRN defence-related analysis, insight and innovation;
- Focal point for CBRN defence-related outreach and cooperation;
- Continual improvement.

A large-scale incident could have its origin within any accidental release, within facilities, but also during transportation. Technology and an access to information makes it considerably easier for terrorists to induce and deliver a chemical attack. However, they will likely not be able to produce military-grade chemical weapons and the scale will likely not be large enough to require international assistance. On the contrary, it was seen during the recent incident in Salisbury, that even a comparably small incident can require military assistance. There are particularly two obstacles for a successful civil-military cooperation in a cross-border setting, also with regards to information sharing. Furthermore, a successful response would currently include vast amounts of different organizations. Information sharing is not discussed individually, since it is rooted within the cultural and legal conclusions, mentioned below, just alike it has been incorporated into the report. A large-scale chemical incident will require, timely information sharing beyond borders, international assistance and civilian and military capabilities alike.

**СЕКЦІЯ 5**

**ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ**

**УДК 628.33**

**ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ГІДРОСФЕРУ МІСЦЬ НАКОПИЧЕННЯ ТВЕРДИХ  
ВІДХОДІВ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ**

*Адашевський О.В., аспірант,  
Байрачний В.Б., к.т.н., професор*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Утворення твердих відходів під час виробництва кондитерських виробів різної номенклатури відбувається поетапно й супроводжує весь життєвий цикл продукції. Так, такі тверді відходи утворюються на наступних етапах:

- 1) Етап виробництва продукції – це так нетоварні обрізки продукції, некондиційна продукція, яка втратила свій зовнішній вигляд на цьому етапі.
- 2) Етап контролю якості та відповідності стандартизованим вимогам харчової якості продукції.
- 3) Етап споживання – непротермінована продукція, яка втратила свій товарний вигляд при транспортуванні або зберіганні та не реалізується у точках продажу.
- 4) Кінцевий етап – продукція, термін придатності якої сплив та яка не може бути реалізована у точках продажу.

Тверді відходи, що утворюються на всіх вище перелічених етапах відносяться до IV класу небезпеки й можуть бути передані для захоронення на полігони. Втім, такі відходи є ресурсоцінними, тобто можуть бути використані для отримання іншої продукції. Розповсюдженням є використання твердих відходів на власних виробництвах, які утворилися на першому етапі. У всіх інших випадках утворені тверді відходи передаються, як правило, стороннім організаціям або з метою прямого захоронення на полігонах, або з метою використання їх для отримання іншої продукції, в тому числі комбікормів для тварин.

При використанні твердих відходів кондитерських виробництв з метою їх подальшого використання як доданки при виробництві комбікормів для тварин, вони накопичуються у місцях зберігання. Ці місця зберігання можуть бути як безпосередньо на території кондитерських виробництв, так й на територіях сторонніх організацій, які купують такі відходи з метою як роздрібною торгівлі, так й власного виробництва комбікормів. В обох випадках тверді відходи у більшості випадків зберігаються на відкритих майданчиках з мінімальним захистом від атмосферних осадів або взагалі без нього. З початком повномасштабної агресії 24.02.2022 р. та активних обстрілів території України з подальшим руйнуванням промислових об'єктів частка підприємств, які вимушено зберігають тверді відходи кондитерських виробництв на відкритих територіях сягає, за власними оцінками, 95 % у Харківській, Дніпропетровській, Полтавській, Сумській, Запорізькій областях. До 24.02.2022 цей показник коливався в межах 65–70 %.

Зберігання на відкритих майданчиках твердих відходів кондитерських виробництв супроводжується дією на них атмосферних осадів – снігу, дощу, туману. В свою чергу вода, яка потрапляє на тверді відходи з атмосфери, частково поглинається ними, а частково просочуються крізь них й утворює атмосферні (поверхневі) стоки, які згодом потрапляють в поверхневі та підземні водні об'єкти. На

склад атмосферних стоків будуть впливати декілька факторів, серед яких можна виділити три основних:

- 1) Тип та цілісність пакування твердих відходів.
- 2) Склад твердих відходів.
- 3) Інтенсивність або сила опадів.

В залежності від етапу, на якому утворюються тверді кондитерські відходи буде суттєво відрізнятися й тип пакування, у якому вони тривалий час знаходяться у місцях накопичення. Найчастіше, відходи, які утворилися на 1 та 2 етапі зберігаються у поліпропіленових мішках з ґратчастим плетінням (т.з. біг бегі) або поліетиленові суцільні пакети, рідше – картонні коробки. Таке пакування не є надійним, біг бег має отвори у своїй структурі які зумовлені конструкцією полотна мішку, всі типи пакування псуються під дією факторів погоди, внаслідок чого крізь отвори атмосферні осадки просочуються та збагачуються речовинами, які містяться у кондитерських відходах. Відходи, які утворилися на 3 та 4 етапі переважно мають пакування на основі полімерних матеріалів, в тому числі металізовані полімерні плівки. З точки зору проникнення води під час зберігання таке пакування є більш надійним. Зазначимо, що у більшості випадків у місцях накопичення твердих кондитерських відходів вони зберігаються у різних типах пакування. Серед твердих кондитерських відходів можна виділити такі основні фракції: печиво без рідкої начинки, печиво з різними типами начинок, вафлі, вафлі у шоколадній глазури, шоколадні вироби, мармеладні та желейні вироби. Співвідношення цих фракцій у великих місцях накопичення постійно коливається та залежить від багатьох факторів. За своєю сутністю всі кондитерські вироби, а отже й відходи з них, є органічними речовинами. В залежності від типу виробу вони містять різну кількість вуглеводів та білків, завжди містять кондитерські жири рослинного походження, рідше – жири тваринного походження. При контакті з атмосферними осадами всі складові твердих кондитерських відходів частково розчиняються у воді, а частково змиваються нею, переходячи у стічні атмосферні води у вигляді плівки, плям або взважених часток. Таким чином стічні атмосферні води потенційно можуть бути забруднені органічними речовинами.

Метою даної роботи є визначення небезпеки для гідросфери місць накопичення твердих кондитерських виробів через забруднення води органічними речовинами.

У даній роботі було визначено хімічне споживання кисню (ХСК) згідно ДСТУ ГОСТ 31859:2018 у зразках атмосферних вод, які утворилися під час зливи (випало 35 мм опадів за 6 годин) за температури повітря 20 °С у Харківській області. Відбір зразків води здійснювався через 3 години інтенсивного дощу. Місцевість плоско-рівнинна (ухил 3 %), відбір здійснювався у заглибленні 0,5 метрів на відстані 10 метрів від межі місця накопичення твердих кондитерських відходів, які зберігались без захисту від опадів у різних типах пакування.

Значення ХСК у відібраних зразках атмосферних вод становило 645 мг/л. Це менше у 8–10 разів ніж у стічних водах безпосередньо кондитерських виробництв, але у 12 рази перевищує нормативні значення для рибогосподарських вод й в 21 раз перевищує значення для стічних побутових вод [1]. Таке значення ХСК свідчить про значне забруднення органічними речовинами атмосферних стічних вод, а отже небезпеку для поверхневих водних об'єктів та може стати причиною їх евтрофікації. На наступних етапах дослідження буде проведено відбір проб води у поверхневих водних об'єктах нижче за течією від місць потрапляння атмосферних стічних вод від місць накопичення твердих кондитерських відходів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Семенова О., Омельченко Є., Тогагинська О., Котинський А. Очищення стічних вод харчових підприємств. Scientific Collection «InterConf». 164. 2023. С. 183–190.

## ОПИС ПЕРЕДУМОВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНТИСОЦІАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ

*Артюхов Є.О.<sup>1</sup>,*

*Рашкевич Н.В.<sup>2</sup>, PhD*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Виявлення антисоціальної поведінки стосовно ставлення до жінок (сексуальних домагань, булінгу, неприпустимих дотиків, коментарів, жартівливих або образливих заяв, завдання фізичної шкоди тощо) на робочому місці є важливим завданням для забезпечення безпеки та комфорту усіх працівників. При цьому важливо впроваджувати ефективні системи моніторингу, використовуючи технології машинного навчання.

Встановлення відео- та аудіоспостереження може бути ефективним заходом для виявлення антисоціальної поведінки та забезпечення безпеки. Однак, це, як правило, порушує особисту приватність.

Попередні дослідження показали, що технології, засновані на моделях машинного навчання, перевершують традиційні технології в галузі виявлення антисоціальної поведінки.

Технології машинного навчання представляють собою галузь штучного інтелекту, яка дозволяє комп'ютерам навчатися та вдосконалювати свою продуктивність без явного програмування. Замість того, щоб поставити конкретні інструкції для виконання завдань, системи машинного навчання використовують алгоритми та моделі для аналізу даних та вчаться визначати патерни та зроблені висновки. Основна мета машинного навчання - розвинення комп'ютерних систем, які можуть автоматично вдосконалюватися та адаптуватися на основі досвіду [1].

Проблеми виявлення неправомірної поведінки за даними аудіо- та/або відеоспостереження були темою, порушеною у більшості наукових публікацій. Ці проблеми зумовлені багатьма факторами, такими як умови довкілля та характеристики технології, і можуть вплинути на продуктивність (точність) моделі навчання. Модель виявлення, заснована на глибокому навчанні, має бути здатною стабільно і безперервно видавати правильний результат, що є фундаментальною вимогою при виявленні антисоціальної поведінки.

Моделі глибокого навчання зазвичай складаються з безлічі прихованих шарів з мільйонами параметрів, що навчаються, що вимагає значних обчислювальних ресурсів. Важливими факторами, що безпосередньо стосуються досягнення продуктивності в реальному часі, є архітектура моделі, апаратні прискорювачі, попередня обробка даних і налаштування порогових значень.

Нижче розглянемо проблеми, які можуть виникнути при використанні технологій машинного навчання:

– двозначність [2]. Ця проблема пов'язана з неоднозначним характером антисуспільної діяльності. У реальних сценаріях межа між ненормальною та нормальною поведінкою не чітка. Люди можуть легко розпізнавати аномальні або типові події, ґрунтуючись на здоровому глузді, але моделі глибокого навчання повинні використовувати функції, отримані з відмінностей між даними, що становлять ненормальну та нормальну поведінку, для виявлення цих подій.

– фон [3]. Ця проблема пов'язана із середовищем, у якому працюють системи спостереження. Оскільки це середовище з часом змінюється в умовах освітлення,

методи виявлення на основі глибокого навчання можуть відчувати труднощі з виявленням аномальної поведінки в деяких місцях/періодах часу.

– дисбаланс даних [4]. Ця проблема вказує на дисбаланс між даними про аномальні та нормальні події. Хоча нормальні події відбуваються щодня, частота антисоціальних подій невелика, що призводить до дисбаланса даних. Дисбаланс даних ускладнює навчання моделей глибокого навчання, оскільки ці моделі повинні аналізувати набір даних, що містить аномальні та нормальні події, щоб навчитися виявляти цільову поведінку.

– залежність та різноманітність [4]. Ця проблема стосується як контекстуальної залежності визначення антисоціальної поведінки, так і її різноманітної природи.

– якість даних [2]. Ця проблема полягає в роботі з аудіо-або відеоданими різного рівня якості. Аудіо- або відеодані, записані з одного і того ж обладнання, можуть мати різні рівні якості через зміни або несправність обладнання, погані умови освітлення або інші характеристики навколишнього середовища, що впливають на якість відеозапису, фоновий шум, що впливає на якість аудіозапису, або високе стиснення даних, що призводить до втрати якості.

– конфіденційність та доступність [2]. Ця проблема пов'язана з обмеженнями конфіденційності даних і, як наслідок, відсутністю доступних наборів даних для навчання та виявлення.

– невизначеність [4, 5]. Ця проблема пов'язана зі змінами, які можна внести в дані відео або зображення, перш ніж вони будуть введені в модель виявлення і вплинуть на продуктивність. Ці зміни можуть полягати в повороті зображення, додаванні білого шуму до зображення і/або зміна масштабу зображення. Ці обурення зазвичай занадто малі, щоб бути помітними для моделей глибокого навчання, і можуть суттєво порушити роботу систем безпеки.

При застосуванні моделей глибокого навчання для виявлення антисоціальної поведінки потрібен збалансований компроміс між обробкою в реальному часі та бажаним рівнем точності. Точність виявлення аномальної поведінки методами глибокого навчання досягається за рахунок високої обчислювальної складності та тривалого часу обробки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Міщенко Д.О. Основні переваги технології глибокого машинного навчання. Радіоелектроніка та молодь в XXI столітті: матеріали 24 Міжнар. молодіж. форуму, 7–9 квіт. 2020 р. Харків: ХНУРЕ, 2020. Т. 5. С. 165–166.
2. Nayak, R., Pati, U.C., Das, S.K. (2021). A comprehensive review on deep learning-based methods for video anomaly detection. *Image Vis. Comput.* 106. 104078.
3. Yao, H., Hu, X. (2021). A survey of video violence detection. *Cyber-Phys. Syst.* 9. 1–24.
4. Zhang, M., Li, T., Yu, Y., Li, Y., Hui, P., Zheng, Y. (2022). Urban Anomaly Analytics: Description, Detection, and Prediction. *IEEE Trans. Big Data.* 8. 809–826.
5. Ullah, W., Ullah, A., Haq, I.U., Muhammad, K., Sajjad, M., Baik, S.W. (2021). CNN features with bi-directional LSTM for real-time anomaly detection in surveillance networks. *Multimed. Tools Appl.* 80. 16979–16995.

## РОЗРАХУНКОВІ ЗНАЧЕННЯ ПЛОЩІ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ ПРОЕКЦІЇ ВАГІТНИХ ЖІНОК

*Боротинець А.Д.<sup>1</sup>,*

*Тригуб В.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Відповідно до [1] розрахунковий час евакуації людей з приміщень та будівель визначається на основі моделювання руху людей до виходу назовні одним з наступних способів:

- за спрощеною аналітичною моделлю руху людського потоку;
- за математичною моделлю індивідуально-потокowego руху людей із будівлі;
- з імітаційно-стохастичної моделі руху людських потоків.

Одним із параметрів для моделювання руху людей при пожежі є розрахункове значення площі горизонтальної проекції. В першій редакції [1] було відсутнє значення площі горизонтальної проекції вагітних жінок, але з виходом Зміни №1 [2] площа проекції вагітної жінки у горизонтальній площині  $f$  (рис. 1), яка становить  $0,13 \text{ м}^2/\text{ос}$ , розраховується за спеціальною формулою:

$$f = (a \cdot c) + (d \cdot b), \quad (1)$$

де  $a = 0,35 \text{ м}$ ;  $b = 0,565 \text{ м}$ ;  $c = 0,3 \text{ м}$ ;  $d = 0,205 \text{ м}$ .



**Рис. 1. Площа горизонтальної проекції вагітної жінки [2].**

Габаритні розміри людей, що належать до різних вікових груп і мають різну ступінь мобільності, в нерухомому становищі (статистичні) і під час руху (динамічні) визначаються за допомогою проекції людини на папір з нанесеною на неї координатною сіткою. Але насправді проекція людини на 20 % більша, ніж при розрахунках за методикою, яка передбачає використовувати для розрахунку обсяг грудної клітки людини. Збільшення площі, що проектується відбувається за рахунок ліктів, ступнів та голови. Однак навіть переглянутий спосіб визначення площі горизонтальної проекції не відображає дійсної ситуації, оскільки не враховує найчастіше виступаючі тіла вагітних жінок (живіт та сідниці).

У зв'язку з цим були проведені виміри обхвату живота та сідниць за контуром найбільш виступаючих ліній у 21 жінки в періоді вагітності від 22 до 40 тижнів у

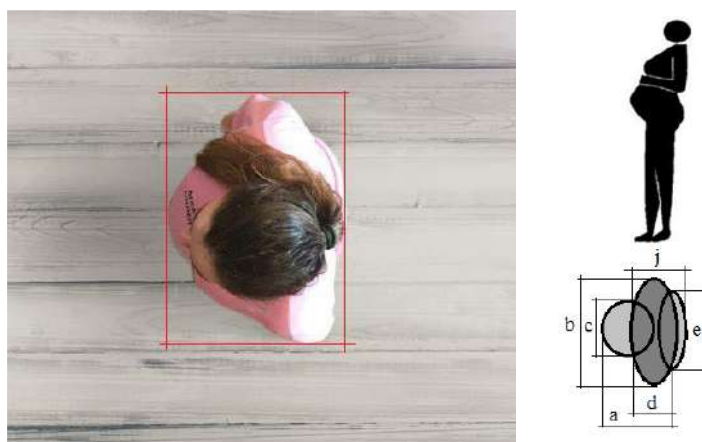
міському пологовому будинку № 4, який входить в структуру Комунального некомерційного підприємства «Міський перинатальний центр» Харківської міської ради.

У цьому випадку розрахунок площі горизонтальної проекції вагітної жінки (рис. 2) проводиться за формулою

$$f = (a \cdot c) + (d \cdot b) + (e \cdot j), \quad (2)$$

де  $a = 0,35$  м;  $b = 0,565$  м;  $c = 0,3$  м;  $d = 0,205$  м;  $e = 0,305$  м;  $j = 0,3$  м.

Результати вимірювання горизонтальної проекції вагітної жінки з урахуванням виступаючих точок сідниць і живота дозволяють зробити висновок, що значення площі горизонтальної площини в статичі змінюються в діапазоні від 0,13 до 0,18 м<sup>2</sup>, а при динамічних вимірах – від 0,15 до 0,22 м<sup>2</sup>.



**Рис. 2. Проекція вагітної жінки з урахуванням виступаючих точок.**

На підставі результатів експериментальних вимірювань отримуємо усереднені показники площі проекції вагітних жінок на горизонтальну площину: у нерухомому стані  $f_{ст} = 0,15$  м<sup>2</sup>, в динаміці  $f_{дин} = 0,18$  м<sup>2</sup>. При щільності людського потоку  $D = 0$  площа проекції вагітної пацієнтки відповідає значенню, розрахованому за динамічними габаритними розмірами. При збільшенні кількості людей на 1 м<sup>2</sup> (щільності потоку) площа зменшується до значення, розрахованого в статичі.

Враховуючи все вищевикладене, можна зробити висновок, що сучасні нормативні акти, які встановлюють вимоги до безпечної евакуації та враховують горизонтальні проекції вагітних жінок [2], не відображають дійсності і ненавмисно занижують площу горизонтальних проекцій, що може призвести до критичних наслідків.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=82138](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138)
2. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Зміна № 1. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=102733](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=102733)

## ВПРОВАДЖЕННЯ РИЗИК-МЕНЕДЖМЕНТУ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ПІДПРИЄМСТВА

*Букаченко Н.О., к.т.н., доцент,*

*Слівна Д.Ю.*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Основною метою функціонування системи управління охороною праці (СУОП) підприємства є забезпечення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці, запобігання травматизму та профзахворюванням, а також додержання прав працівників, гарантованих законодавством з питань охорони праці.

Показники рівня травматизму та професійних захворювань в Україні говорять про те, що СУОП на рівні підприємства, а також і на державному рівні має вдосконалюватися, стара система, що практично не змінювалась з часів набуття незалежності Україною є не у всіх випадках ефективною.

Діюча система управління охороною праці на всіх рівнях сформована за принципом «коригувальних дій» (реактивним принципом), тобто реагування на небезпечні випадки та ситуації, а не за принципом «запобіжних дій», тобто профілактики небезпечних випадків та ситуацій, що унеможливорює визначення пріоритетності профілактичних заходів з безпеки та гігієни праці на кожному з етапів діяльності підприємства. Такий підхід не сприяє запровадженню ефективного механізму економічного стимулювання роботодавців до створення належних, безпечних і здорових умов праці і не дає змоги роботодавцям вибрати найефективніший спосіб управління та інтегрувати систему управління охороною праці в загальну систему управління підприємством [1].

Сучасна СУОП переважної кількості підприємств в Україні знаходиться на відрізку «Залежний», тобто правила охорони праці виконуються із-за страху дисциплінарних стягнень, в основному під наглядом керівництва.

Сьогодні в країнах-членах ЄС і міжнародних організаціях головним механізмом забезпечення прав на справедливі, безпечні та здорові умови праці на рівні національної політики визнано застосування ризик-орієнтованого підходу (далі – РОП) у системі управління охороною праці [2].

РОП у світовій практиці використовується вже понад 30 років. Він застосовується не тільки в СУОП підприємства, це підхід для керування підприємством в цілому, але цей підхід найкращим образом враховує ризики, що стосуються безпеки праці та демонструє їх вплив на рівні всього підприємства. Суть зазначеного підходу полягає в обчисленні ризиків для кожного конкретного потенційно небезпечного об'єкту з урахуванням усіх джерел небезпек, чинників і обставин, що сприяють виникненню та розвитку небезпеки. Причому безпеку тлумачать як прийнятний рівень ризику, а сам ризик визначають у вигляді добутку імовірності небажаної події на її наслідки. Впровадження РОП передбачає оцінювання ризику (кількісне та якісне), тобто визначення ймовірності виникнення тих чи інших надзвичайних ситуацій та спричинених ними збитків [3]. Виходячи з даних по ризикам здійснюється управління підприємством, впроваджуються необхідні заходи з безпеки, такі як, наприклад, технічне переоснащення, вдосконалення умов праці, проведення навчання працюючих, заборона на виконання тих чи інших операцій, якщо рівні ризику неприпустимі та ін.

Слід зауважити, що впровадження ризик-орієнтованого підходу в Україні на даний час має рекомендований характер, але досвід впровадження РОП в СУОП



інших країн говорить про доцільність застосування його і в Україні [4]. 12 грудня 2018 року розпорядженням Кабінету Міністрів України було схвалено Концепцію реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації [5]. Воно стосується впровадження міжнародних трудових норм у національну юридичну практику.

Основний стандарт, що використовується з менеджменту ризиками на виробництві є ISO 31000:2009, прийнятий в Україні як Національний стандарт України ДСТУ ISO 31000:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (ISO 31000:2018, IDT). Ще були прийняті в якості національних стандартів інші ISO сімейства 31000 з ризик-менеджменту і на даний час вони є діючими:

– ДСТУ ISO Guide 73:2013 (ISO Guide 73:2009, IDT) Національний стандарт України. Керування ризиком. Словник термінів;

– ДСТУ ISO/TR 31004:2018 Менеджмент ризиків. Керівництво по впровадженню ISO 31000 (ISO/TR 31004:2013, IDT);

– ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 Управління ризиком. Методи загального оцінювання ризику (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT).

ДСТУ ISO 31000:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» містить керівництво з управління ризиками, з якими стикаються організації. Застосування цих керівних вказівок може бути адаптоване для будь-якої організації і її сфери діяльності. ДСТУ ISO 31000:2018 пропонує загальний підхід до управління будь-яким типом ризику і не є специфічним для будь-якої галузі або сектора ринку та може використовуватися протягом усього життєвого циклу підприємства і може знаходити застосування у будь-якій діяльності, включаючи прийняття рішень на всіх рівнях. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). «Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику» розглядає поняття, процеси і вибір методу оцінки ризиків. В стандарті наведені приклади різних методів оцінки ризику (в тому числі «мозковий штурм», метод Делфі, «попередній аналіз небезпеки», методи HAZOP, НАССР, FMEA, FTA, «дерево прийняття рішень», техніка SWIFT, метод Монте-Карло та інші - всього 31 метод).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція реформування системи управління охороною праці в Україні. [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80#Text>
2. Фандеев О. Нульовий травматизм: міф чи реальність. Охорона праці. 2014. №4. С. 16–18.
3. Цибульська О.В., Побережна В.С., Петера В.Л. Дослідження шляхів впровадження ризик-орієнтованого підходу в національну систему управління охороною праці на основі досвіду країн ЄС. Проблеми охорони праці в Україні. 2016. №. 32. С. 43–56.
4. Гречанінов Ф.Ф. Ризик-орієнтований підхід як нова парадигма системи управління техногенно-екологічною безпекою. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/Hrechaninov\\_radiointerview\\_HolosKyieva.pdf](http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/Hrechaninov_radiointerview_HolosKyieva.pdf)
5. Чумакова Н., Цибульська О. Ризик-орієнтований підхід в Україні. [Електронний ресурс]. URL: <http://ohoronapraci.kiev.ua/rizik-orientovaniy-pidhid/>

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ЗАРУБІЖНИХ КРАЇН

*Васильєв І.О., к.ю.н., доцент,*

*Голубець І.М.,*

*Бикова О.В., к.пед.н., доцент*

*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Однією із головних проблем сучасної системи забезпечення безпеки людини на виробництві в Україні є те, що, за більшості, пріоритет роботи відомчих служб охорони праці та органів державного контролю базується не на впровадженні запобіжних заходів, тобто профілактиці, а виключно на проведенні розслідувань за наслідками нещасних випадків, що вже сталися. Зазначений принцип закономірно призводить до негативної статистики, яка з кожним роком має тенденцію до погіршення: щоденно гине і травмується персонал, зростають матеріальні і фінансові збитки тощо.

Процес економічного та політико-правового зближення з європейськими міждержавними структурами розпочався після підписання 14 червня 1994 року Угоди про партнерство та співробітництво. Було укладено цілу низку галузевих угод та актів міжнародно-правового характеру. 23 червня 2022 року Європейська Рада офіційно надала Україні статус кандидата на вступ до ЄС. Відтак, важливим напрямом діяльності на даному етапі є адаптація національного законодавства до законодавства ЄС, в тому числі про охорону праці.

Сьогодні в європейських країнах вирішення питань охорони праці покладається, в основному, на державу та суб'єкти господарювання. Державні органи забезпечують реалізацію політики і законодавства з охорони праці, затверджують правила і стандарти безпеки, координують діяльність державних органів та неурядових установ, здійснюють нагляд і контроль тощо.

Так, у Швейцарії організаційні функції щодо впровадження законодавства про охорону праці покладені на Федеральне бюро промисловості, мистецтв і ремесел, де функціонує відділ захисту працівників у складі чотирьох інспекцій та дві служби трудової медицини. Крім того, місцева влада має в своєму розпорядженні власні служби санітарії та захисту від пожеж.

Законодавство у Великобританії вимагає, щоб роботодавці мали в розпорядженні достатні механізми і ресурси для управління охороною праці на підприємстві. У Франції промислова безпека перебуває у сфері відповідальності Міністерства з питань праці, соціальних відносин, сім'ї, солідарності та розвитку міст. Німеччина має розгалужену національну систему управління охороною праці, у т.ч. на сьогоднішній день ФРН ратифікувала понад вісімдесят конвенцій, більшість з яких вступили в силу.

В Австрії охорона праці розуміється як захист життя і здоров'я працівника на робочому місці. Основна ідея цієї концепції полягає в захисті фізичних осіб, які перебувають в ситуації, в якій вони фінансово залежать від свого роботодавця. Фінська структура створена, як частина європейської інформаційної системи, Національний координаційний центр якої координує та управляє національною системою охорони праці. У Польщі основним законодавчим актом, який передбачає право на безпечні та здорові умови праці, є конституція республіки Польща.

Прискіплива увага у країнах Європи приділяється безпосередньо органам контролю, що передбачено Конвенціями Міжнародної організації праці № 81 та № 129. Персонал інспекцій має статус державних службовців та умови роботи, які

забезпечують стабільність зайнятості і незалежність від будь-яких змін в уряді та небажаного зовнішнього впливу.

Так, у Франції інспекція праці – це державна служба під керівництвом міністра праці з підпорядкуванням Генеральному директорату праці. В Італії два відомства відповідальні за формування та координацію діяльності з інспекції, а саме, Міністерство праці та соціальної політики і Головне управління інспекційної діяльності. Система контролю в Іспанії здійснюється через Галузеву конференцію з питань зайнятості та трудових питань, що є складовою державної адміністрації та органів автономних громад.

Інспекторський склад країн Балтії – це державні службовці, захищені від звільнення. Щорічно інспекція складає план, на підставі якого новопризначені інспектори праці проходять підготовку за відповідною програмою (420 навчальних годин). У Португалії інспектор праці призначається старшим інспектором лише після успішного проходження річного стажування. Інспекторам Словенії для призначення на посаду необхідно мати вищу освіту в юридичній, економічній, медичній чи іншій відповідній галузі та не менше п'яти років досвіду роботи. Крім складання професійного іспиту при призначенні, всі також зобов'язані проходити професійну атестацію кожні три роки для поновлення контрактів.

Завдання працівників служб охорони праці на підприємствах Німеччини і багатьох інших європейських країнах не обмежуються контролем за дотриманням норм безпеки. Фактично інженер охорони праці – це експерт в області безпеки на об'єкті і тому він широко залучається для надання консультацій при закупівлі чи модернізації обладнання, технологій, експлуатації машин та механізмів, бере участь у випробуваннях на відповідність нормам безпеки, розробці правил та інструкцій, проведення занять, тренінгів тощо. Тому підготовка фахівця у цих країнах поставлена таким чином, що диплом інженера з охорони праці він може отримати виключно в системі післядипломної освіти, маючи вже досвід роботи на виробництві та базову освіту не нижче рівня бакалавра.

У червні 2021 року Європейська Комісія ухвалила Рамкову стратегію ЄС із безпеки та здоров'я на роботі на 2021–2027 роки, у якій викладені ключові дії, необхідні для покращення здоров'я та безпеки працівників протягом наступних років. Ця нова стратегія зосереджена на трьох головних цілях: моніторинг та управління змінами у новому світі праці, покращення профілактики професійних захворювань та нещасних випадків на роботі, а також підвищення готовності до можливих майбутніх загроз здоров'ю людини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про охорону праці».
2. Country Profile of Occupational Health System in Germany. URL: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/178957/OSH-Profile-Germany.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/178957/OSH-Profile-Germany.pdf).

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОКИСЛЕННЯ ДІОКСИДУ СІРКИ

*Гаврилюк К.Р.<sup>1</sup>,*

*Хара Д.А.<sup>2</sup>,*

*Рашикевич Н.В.<sup>1</sup>, PhD*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,*

*<sup>2</sup>ГУ ДСНС України у Донецькій області*

Розвиток сірчаноокислотного виробництва повинно супроводжуватись вирішенням питань забезпечення безпеки – запобігання виникнення та поширення пожеж, вибухів. Автоматизація технологічних процесів дає можливість отримати максимальний вихід продукції, знизити втрати сировини, забезпечити більш стійку роботу обладнання, підвищити стан захищеності від пожеж та вибухів.

Під час розробки функціональних схем автоматизації вирішуються такі задачі [1]:

1. Отримання первинної інформації про стан безпеки технологічного процесу та обладнання.
2. Контроль та реєстрація технологічних параметрів процесу.
3. Стабілізація технологічних властивостей процесу.
4. Безпосередній вплив на процес управління.

Для автоматичного регулювання та логічного управління технологічним процесом пропонується використовувати малоканалний багатфункціональний мікропроцесор контролер. Завдяки малоканалності, забезпечується безпечне управління невеликими агрегатами та висока живучість складних систем управління. До складу входить центральний мікропроцесорний блок контролера та ряд допоміжних блоків (а саме: пульт налаштування, блок живлення, підсилювач для термопар, підсилювач потужності, підсилювач для термоопору, блок перемикання, блок шлюза, блок стирання, резистори нормувальні, міжблочний з'єднувач, клемно-блочні з'єднувачі).

Під час вибору засобів автоматизації повинні враховуватись такі фактори: вид, величина та межі вимірювання контрольованого параметра; потрібна статична точність вимірювань; необхідна швидкодія; конструкція апаратів та режими їх роботи; умови монтажу, обслуговування та ремонту; економічні показники.

Слід зазначити, що з огляду на технологічну схему окислення діоксиду сірки вибір приладів та засобів автоматизації здійснюється для:

- контуру контролю витрати повітря, силікагелю та сухого повітря, що надходить у піч і для регулювання концентрації SO<sub>2</sub>;
- контуру регулювання витрати води з корекцією за температурою повітря на виході з першої секції двох секційного холодильника, а також контур витрати холодоагенту з корекцією за температурою повітря на виході з другої секції та витрати фреону;
- контуру контролю та сигналізації тиску повітря;
- контуру регулювання температури повітря на виході із холодильника;
- контуру регулювання рівня в ємності з хладогентом;
- контролю концентрації вихлопів;
- контуру контролю температури сірчистого ангідриду;
- контуру регулювання витрати сірчистого ангідриду;
- контролю контуру рівня в ємності з олеумом;
- контуру управління електродвигуна насосом.

Регулювання температурного режиму у всіх апаратах, регулювання тиску в контактних апаратах дозволяє знизити рівень вибухонебезпеки.

Щит та пульт систем автоматизації повинні відповідати вимогам охорони праці та безпеки. Пульт керування є основним робочим місцем оператора. Він повинен забезпечувати зручне та раціональне розташування органів управління, окремих приладів, сигнальних пристроїв та засобів зв'язку. Кількість органів управління на пульті має бути мінімальною, але достатньою для виконання поставлених перед оператором завдань з управління автоматизованим об'єктом. Органи керування на пульті повинні розташовуватися так, щоб робота могла виконуватися правою і лівою руками оператора, при цьому правою рукою повинні виконуватись операції найбільш відповідальні та потребують великої точності.

При розбивці трас та прив'язці трубопроводів необхідно враховувати важливі для монтажу обставини:

1. При прокладанні трубних проводок до приладів і засобів автоматизації слід прокласти по найкоротшій відстані між приладами, що з'єднуються паралельно і перпендикулярно стінам, перекриттям і колонам з мінімальною кількістю поворотів, перетинів з технологічними комунікаціями і найменшою кількістю роз'ємних з'єднань; можливо далі від технологічного обладнання, яке піддається частим розбиранням, від місць, небезпечних для обслуговуючого персоналу, і де можливе нагрівання до температури понад 60 °С для пневмокабелю, а також механічні та хімічні пошкодження; у місцях зручних для їх монтажу, обслуговування, ремонтів; трубні проводки не повинні ускладнювати обслуговування та ремонт технологічного обладнання.

2. Траси прокладання поліетиленових труб та неброньованих пневмокабелей на відкритих конструкціях та зовнішніх установках повинні бути обрані з урахуванням захисту їх від дії прямих сонячних променів елементами будівель, естакад, електричних та трубних проводок тощо.

3. Радіуси вигину труб мають бути мінімальними. Для пневмокабелю вони повинні становити не менше 10 зовнішніх діаметрів (при температурі до -40 °С). При спільній прокладці трубних та електричних проводок за встановленими збірними кабельними конструкціями труби та пневмокабелі слід розташовувати нижче електропроводок.

4. У тих випадках, коли по одній трасі, що зв'язує між собою виконавчі механізми, що окремо стоять, датчики, регулятори і т.п. з вторинними приладами встановленими на щитах потрібно прокласти велике число (5 і більше) трубопроводів, що паралельно йдуть, необхідно застосовувати пневмокабелі.

Кріплення пневмокабелів виконують таким чином, щоб унеможливити виникнення небезпечних напруг і механічних пошкоджень.

Технічні рішення з автоматизації процесу окислення діоксиду сірки включають в себе рекомендації з обрання приладів та засобів автоматизації, вибору пульта управління та компоновку на ньому засобів автоматизації, розбивку трас та прив'язку трубних проводок.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Качала В.В., Рашкевич Н.В. Визначення задач для розробки функціональних схем з автоматизації процесу окислення діоксиду сірки: мат. XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності», м. Львів: ЛДУБЖД, 30–31 березня 2023 р. С. 455–457.

## ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІДКРИТОГО ВИДОБУВАННЯ ТИТАНОВОЇ РУДИ ПРИ ПЛАНУВАННІ ПІСЛЯПРОЄКТНОГО МОНІТОРИНГУ В СКЛАДІ ОВД

*Горишнякова Я.В.*

*Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»*

На територіях інтенсивного розвитку гірничодобувної діяльності відбуваються значні зміни компонентів довкілля, зокрема поверхневих та підземних вод, атмосферного повітря, біоти, радіаційної ситуації в кар'єрах і на прилеглих територіях тощо. Екологічна оцінка їх поточного стану в регіонах, де видобуваються розсіпні титанові руди, і порівняння фактичних показників з нормативними вимогами є актуальним науковим завданням з урахуванням необхідності забезпечення екологічної чистоти довкілля як в даний час, так і в майбутньому.

Метою даного дослідження є висвітлення науково-методичних засад комплексної оцінки екологічної безпеки відкритого відпрацювання Валки-Гацківського та Межирічного родовищ титанових розсіпів (Житомирська область, Україна), реалізованої на етапі проведення оцінки впливу планованої діяльності на довкілля (ОВД).

Оскільки зазначена територія характеризується високим природноресурсним потенціалом, під час розробки програми післяпроектного моніторингу у складі ОВД необхідно було виявити найбільш уразливі компоненти довкілля на базі оцінки їх поточного стану та прогнозованого впливу планованої діяльності. Для підтвердження сподівань, які прогнозуються щодо наслідків впливу плануємої діяльності на складові довкілля, авторами розроблена ієрархічна структура комплексної оцінки екологічної безпеки відкритого видобування титану. При цьому вирішувалась сформульована задача оцінки з використанням методології багатокритеріальної комплексної оцінки впливу з урахуванням особливостей плануємої діяльності [1].

Розроблена авторами ієрархія комплексної оцінки екологічної безпеки видобування титану являє собою схему визначення критеріїв забезпечення нормативного стану *повітряного середовища, водного середовища, ґрунтів та біоти* з урахуванням умов взаємодії природних і техногенних факторів та їх ролі в формуванні наслідків зміни стану зазначених компонентів довкілля. В перелік факторів, які потребують аналізу при плануванні післяпроектного моніторингу в складі ОВД, входять наступні з них (приводяться в послідовності підпорядкування рівнів ієрархії).

1. *Критерії забезпечення безпеки складових довкілля:* повітря; водне середовище; ґрунти; біота, радіаційна ситуація.

2. *Геологічна характеристика родовища:* геоморфологічна будова; геофізичні, гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови; геохімічні, геотермічні, мінералогічні та радіаційні показники корисних копалин.

3. *Узагальнена характеристика факторів та умов проявлення природи негативного впливу:* кількісна характеристика впливу; якісна характеристика впливу; умови накопичення ризиків небезпечності впливу; управління та контроль безпеки.

4. *Складові планованої діяльності:* видобуток; переробка; первинне збагачення; вторинне збагачення; автотранспортування за межі кар'єру; відправка споживачам

5. *Наслідки впливу. Прямі наслідки впливу*: скорочення територій природного ландшафту; зруйнування природного ґрунтового покриву; знищення рослинності; створення техногенного ландшафту; деформація шарів земної кори.

*Опосередковані наслідки впливу*: поверхневі та підземні води; зміна режиму ґрунтових та міжпластових вод; забруднення токсикантами (пил, біологічне накопичення в біоті); забруднення поверхневих і підземних вод; зміна водності території (осушення, підтоплення, заболочення, спустелення); підвищення ризику захворювання населення; збіднення біорізноманіття.

6. *Узагальнені кластери планованих заходів забезпечення екологічної безпеки на період реалізації планованої діяльності*: моніторинг, контроль, прогнозування, моделювання; найкращі доступні технології; інженерні заходи захисту; біозахист та відновлення біоти; криза-менеджмент території об'єкту; безпека транспортування в межах об'єкту; безпека та якість доріг поза об'єктом; екологічні інвестиції; екологічні страхування.

7. *Рівень управління, контролю та ресурснофінансового забезпечення реалізації заходів екологічної безпеки*: загальнодержавні заходи; регіональні заходи; місцеві заходи; об'єктні заходи.

Враховуючи значимість *природно-техногенних факторів*, приведених в схемі ієрархії, визначення критеріїв безпеки для компонентів довкілля можливе шляхом оцінки їх екологічного стану та аналізу ризиків впливу планованої діяльності лише на основі використання результатів проведення післяпроектного моніторингу.

Результати досліджень екологічного стану компонентів довкілля, визначених в ієрархічній схемі, в умовах реалізації післяпроектного моніторингу будуть використані в якості вихідних даних для визначення поточного екологічного стану компонентів природного середовища та прогнозування його зміни в часі. Це є вкрай необхідним для визнання об'єктивності оцінки впливу плануємої діяльності на довкілля. З цією метою визначені критерії необхідності проведення післяпроектного моніторингу [2]. В умовах реалізації запланованої діяльності та провадження післяпроектного моніторингу, програма якого розроблена і обґрунтована з врахуванням ієрархічної взаємозалежності факторів та критеріїв впливу, на основі результатів моніторингових досліджень будуть зроблені висновки щодо ефективності передбачених в проекті природоохоронних заходів. Тим самим, буде підтверджена або не підтверджена екологічна безпека плануємої діяльності щодо відпрацювання розсіпних родовищ титанових руд.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Аніщенко Л.Я., Горишнякова Я.В. Комплексна оцінка екологічної безпеки видобування титану відкритим способом на етапі післяпроектного моніторингу. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. матеріалів XIX Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 14–15 верес. 2023 р.). Харків, 2023. С. 22–27.

2. Аніщенко Л.Я., Горишнякова Я.В. Особливості визначення критеріїв необхідності проведення післяпроектного моніторингу планованої діяльності. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. матеріалів XIX Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 14–15 вересня 2022 р.). Харків, 2022. С. 12–14.

**ОРГАНІЗАЦІЯ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ  
ЯК ЕКОЛОГІЧНА ОСНОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ  
В УМОВАХ КАТАСТРОФІЧНИХ СИТУАЦІЙ**

*Гриценко А.В., д.геогр.н., професор,  
Маркіна Н.К.*

*Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»*

В лютому 2024 року ворожими БПЛА була атакована нафтобаза в м. Харкові, на якій зберігалось більше 3800 тон паливно-мастильних матеріалів. В результаті вибуху з наземних резервуарів відбувся витік майже 3000 тон дизельного палива та бензину та їх загоряння. Суміш палива з талим снігом потрапила в р. Немишля. Це спричинило забруднення не лише р. Немишля, а й річок Харків, Лопань та Уди. Крім того, нафтопродуктами були забруднені ґрунти на території ущільненої житлової забудови.

Визначення територій забруднення нафтопродуктами ґрунтів, підземних і поверхневих вод та донних відкладів, заплановано шляхом організації та проведення моніторингових досліджень. Програма моніторингу включає два етапи його реалізації і розроблена на основі аналізу особливостей гідрогеологічних умов території, умов взаємозв'язку підземних та поверхневими вод, а також фізико-хімічних та міграційних властивостей нафтопродуктів. Результати моніторингових досліджень будуть слугувати екологічною основою для забезпечення цивільного захисту в умовах катастрофічної ситуації, яка склалася в Немишлянському районі Харкова.

*Узагальнені пропозиції щодо плану проведення упередженого моніторингу забруднення компонентів довкілля нафтопродуктами.* Згідно з розробленою програмою, на першому етапі моніторингових досліджень в осередку (в ареалі) та в області (в ореолі) забруднення в перелік завдань першочергових вишукувань входять наступні.

1. Проведення рекогносцирувального обстеження з відбором проб ґрунтів і ґрунтових вод;
2. Проведення хіміко-аналітичних досліджень ґрунтів і ґрунтових вод;
3. Виконання попередньої оцінки забруднення ґрунтів і ґрунтових вод в осередку та в області забруднення на основі результатів хіміко-аналітичних досліджень;
4. Вивчення гідродинамічної картини локальних потоків ґрунтових вод в напрямку від осередку забруднення до р. Немишля та в регіональному напрямку – від осередку забруднення до р Харків;
5. Відбір донних відкладів і поверхневих вод р. Немишля (в залежності від глибини русла – на поверхні та придонних шарах водотоку) на ділянках розвантаження забруднених ґрунтових вод в межах осередку забруднення та вздовж по її руслу до впадіння в р. Харків;
6. Відбір донних відкладів і поверхневих вод р. Харків на ділянці від місця впадіння р. Немишля до устя та в р. Лопань від впадіння р. Харків до Гончарівського шлюзу.
7. Відбір поверхневих вод р. Лопань від Гончарівського шлюзу до впадіння в р. Уди.

В складі упереджених робіт 1-го етапу критичного моніторингу необхідним є:



1. Відбір проб ґрунтових вод (обстеження колодязів і свердловин в кількості 20-25 на подвір'ях місцевих жителів).

2. Обстеження водозабірних свердловин на водозаборі Харківського тракторного заводу в кількості 10 свердловин.

3. Відбір поверхневих вод та донних відкладів р. Немишля, р. Харків та р.Лопань в кількості 30 проб.

4. Для обстеження ґрунтів, планується відбір проб як в межах осередку забруднення, так і в заплавах річок Немишля, Харків та Лопань в кількості 50-60 проб.

5. Після проведення досліджень в складі 1-го етапу моніторингу виконується орієнтовна оцінка масштабів (площі та інтенсивності) забруднення ґрунтів, підземних, поверхневих вод та донних відкладів.

5. На основі одержаних результатів виконується коригування місць розміщення та кількості (зменшення чи збільшення) пунктів спостережної мережі для планування 2-го етапу подальшого проведення моніторингу.

6. Набір компонентів хімічного складу води, що визначаються у лабораторії: нафтопродукти, феноли, БСК, рН, сухий залишок, перманганатна окислюваність.

На другому етапі подальшого проведення моніторингу передбачається виконання наступних наукових-практичних досліджень, а саме:

1. Обґрунтування та розробка програми і регламенту моніторингу підземних і поверхневих вод, ґрунтів та донних відкладів (для оцінки впливу останніх на біоту (бентос) річок Харкова) з обґрунтуванням кількості спостережних пунктів, уточненням переліку компонентів, що контролюються, та термінів проведення моніторингових досліджень;

2. Організація та проведення моніторингу екологічного стану ґрунтів, підземних, поверхневих вод та донних відкладів в умовах переходу від критичної екологічної ситуації до умов хронічної екологічної ситуації;

3. Оцінка масштабів і інтенсивності забруднення підземних вод і ґрунтів нафтопродуктами та прогноз їх динаміки в часі;

4. Розробка рекомендацій щодо реалізації першочергових локалізаційних водоохоронних заходів та технологічних природоохоронних заходів щодо реабілітації екологічного стану ґрунтів, підземних та поверхневих вод [1].

Визначення термінів виконання 2-го етапу моніторингових досліджень залежить від результатів оцінки екологічного стану компонентів довкілля та прогнозу його зміни в часі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гриценко А.В., Бабаєв М.В., Карагодін Г.В. [та інш.]. Шляхи і методи ліквідації скупчень рідких нафтопродуктів в підземній гідросфері. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. праць. Харків, 2010. С. 121–135.

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В МІСЦЯХ ВИБУХІВ

*Дідовець Ю.Ю.<sup>1</sup>,  
Колосков В.Ю.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Бандурян Б.Б.<sup>2</sup>, к.ф.-м.н., с.н.с.*

*<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,  
<sup>2</sup>Інститут радіофізики і радіаційних технологій НАН України*

Із широким застосуванням далекобійних артилерійських засобів, штурмової та бомбардувальної авіації, а також ракетного озброєння площа територій, що піддаються негативному впливу під час збройних конфліктів, суттєво зростає. Досвід відбиття Україною воєнної агресії РФ демонструє, що навіть для найбільшої країни Європи виявляється практично неможливим обмежити територіальний вплив вказаних видів озброєнь, зокрема, на довкілля.

Збройні конфлікти у світі призводять до масштабного забруднення великих територій держав-учасників конфлікту вибухонебезпечними предметами. Звітні матеріали за результатами досліджень екологічних наслідків збройних конфліктів і застосування вказаної тактики ведення бойових дій демонструють спільні риси впливу на землі, що піддавалися обстрілам [1–3]. Одним з чинників негативного впливу на ґрунт є забруднення та важкими металами, що через своє неорганічне походження не можуть бути нейтралізовані природним шляхом [4]. Концентрації при цьому можуть перевищувати гранично-допустимі, однак, можливості їх виявлення у пробах ґрунту є суттєво обмеженими, оскільки, потребують застосування складного лабораторного обладнання та забезпечення відповідних умов проведення експериментів [5].

Вирішити завдання створення методики дослідження забруднення ґрунту важкими металами в місцях вибухів безпосередньо у польових умовах можна із застосуванням методу інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії із наступним порівнянням отриманого ІЧ-спектру зі зразковим ІЧ-спектром досліджуваного важкого металу [6]. Серед матеріальних об'єктів не існує з'єднань, що мали б різну структуру, але однаковий ІЧ-спектр, що дозволяє ідентифікувати відповідне забруднення в пробі ґрунту, виявляючи окремі смуги ІЧ-спектру, характерні для нього. Таким чином, з'являється можливість з ІЧ-спектра проби ґрунту визначити вміст кожного окремого її компонента, зокрема, важких металів.

Забруднення важкими металами внаслідок вибуху відбувається у поверхневому шарі ґрунту, однак, надалі можливою є їх міграція вглиб шару ґрунту. У зв'язку із зазначеним відбір проб ґрунту для дослідження має проводитися на глибину до 30 см з подальшим дослідженням зрізів на різній глибині. Для якісного та кількісного аналізу проб ґрунту використовувався метод таблетки з «КВг», який полягає у ретельному перемішуванні тонкоподрібненого зразка проби ґрунту із наступним пресуванням у прес-форми з отриманням прозорих таблеток. Цей метод дозволяє виключити при дослідженні більшість смуг спектру та контролювати концентрацію зразка.

ІЧ-спектроскопічне дослідження проводилося у найбільш інформативному спектральному діапазоні довжин хвилі 7,5...14 мкм. Його перевагою є розташування в ньому спектрального максимуму власного випромінювання земних об'єктів за нормальної температури  $T \sim 300$  К, що відповідає довжині хвилі  $\sim 10$  мкм. Це, в свою чергу, надає можливість подальшого вдосконалення запропонованої методики дослідження забруднення ґрунту важкими металами в місцях вибухів в напрямку реалізації дистанційного спектрального зондування у польових умовах.

Для спектроскопічних досліджень використовувався спектрометр ИКС-21, вдосконалений шляхом застосування неселективної матриці чутливих елементів тепловізора LAND-814. Такий підхід дозволив якісно покращити чутливість та спектральну роздільність системи [8]. Еталонні спектри визначалися за наявними каталогами ІЧ-спектрів [6, 9]. За результатами аналізу спектрів поглинання досліджуваного зразка та еталонного спектра для кожної компоненти суміші визначалися окремі смуги, що не підпадають під вплив інших компонент. За виділеними смугами визначалося значення коефіцієнта оптичної густини досліджуваного зразка за формулою [7]:

$$A = \lg ( 1000 \cdot I / I_0 ), \quad (1)$$

де  $I_0$  – інтенсивність випромінювання визначеної довжини хвилі, що падає;  $I$  – інтенсивність випромінювання, що пройшло крізь зразок.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Assessment of the Environmental Impact of Military Activities During the Yugoslavia Conflict. Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, 1999. 41 p. URL: <https://reliefweb.int/attachments/159eb43b-6572-3263-acc0-6e9bf7a1727d/Assessment%20of%20the%20Environmental%20Impact%20of%20Military%20Activities.pdf>.
2. Ukraine, damage to the environment, environmental consequences of war / Angurets O. et al. NGO “Green World – Friends of the Earth”, 2023. 80 p.
3. Требін М. Війни в історії людства та їхні наслідки: уроки для України. Вісник Львівського університету. Серія філос.-політолог. студії. 2015. Випуск 6. С. 89–99.
4. Ahluwalia, S.S., Goyal, D. (2007). Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. *Bioresource Technology*. 98. 2243–2257.
5. Самохвалова В.Л., Фатєєв А.І., Найдьонова О.Є. Аналіз стану забруднених важкими металами ґрунтів за окремими біохімічними показниками. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія. 2008. Вип. 22. С. 143–151.
6. Nakamoto, K. (2009). *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*. 6th Edition, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken. Doi: <https://doi.org/10.1002/9780470405840>.
7. Smith, A.L. (1979). *Applied infrared spectroscopy fundamentals, techniques and analytical problem-solving*. John Wiley and Sons, A Wiley-Interscience Publication, New York. 308 p.
8. Спосіб реєстрації спектра інфрачервоного проміння : пат. 115934 Україна : МПК G01J5/20, G01J3/28, G01N21/35, G01C11/02. № а 2016 05738 ; заявл. 27.05.2016 ; опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1.
9. Spectral Database for Organic Compounds SDBS. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). URL: [https://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](https://sdfs.db.aist.go.jp/sdfs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)

## СУТНІСТЬ КОНЦЕПЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ СЕРЕДОВИЩА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

*Карпенко В.Л.<sup>1</sup>,*

*Черепаха Р.Е.<sup>2</sup>,*

*Рашкевич Н.В.<sup>2</sup>, PhD*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Концепція безпеки середовища життєдіяльності передбачає системний підхід до забезпечення безпеки під час життя та діяльності людини. Вона враховує різноманітні аспекти, що спрямовані на попередження травм та захворювань, забезпечення безпеки та здоров'я людини.

Концепція включає:

– охорону природи та ресурсів, а саме раціональне використання природних ресурсів та енергії для забезпечення сталого розвитку; збереження біорізноманіття, лісів, водойм та інших природних екосистем;

– захист від забруднення, а саме зменшення викидів токсичних та забруднюючих речовин; попередження забруднення водних ресурсів від хімічних, бактеріальних та інших забруднюючих речовин; захист від забруднення та деградації ґрунтів;

– безпеку харчових продуктів, а саме забезпечення якості та безпеки харчових продуктів для споживачів; створення умов для сталого розвитку сільського господарства та зменшення використання шкідливих пестицидів та добрив;

– здоров'я та безпеку населення, а саме заходи щодо запобігання інфекційним захворюванням та іншим загрозам для здоров'я;

– кризове управління та екстрені заходи, а саме планування та впровадження заходів щодо відновлення після природних лих, техногенних аварій та інших надзвичайних ситуацій;

– екологічну освіту та обізнаність, а саме забезпечення екологічної освіти та підвищення рівня обізнаності громадян щодо питань збереження природи та безпеки навколишнього середовища;

– інновації та технології, а саме впровадження новітніх технологій для зменшення негативного впливу на довкілля та поліпшення умов життя.

Ці елементи взаємодіють між собою, утворюючи комплексну систему заходів, спрямованих на забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини. Основна мета полягає в досягненні балансу між потребами сучасного суспільства та збереженням природи для майбутніх поколінь. Гостро стоїть питання охорони праці на робочих місцях.

Важливість охорони праці підкреслюється:

– збереженням життя та здоров'я: забезпечення охорони праці на робочому місці допомагає уникнути травм та захворювань;

– підвищенням продуктивності: охорона праці на робочому місці сприяє створенню ефективних та безпечних робочих умов, що може позитивно впливати на продуктивність працівників;

– зниження витрат: уникнення нещасних випадків та захворювань на робочих місцях може знизити витрати на лікування, відшкодування та відновлення продуктивності;

– покращення якості життя: безпечне робоче середовище вносить свій вклад у загальний рівень комфорту та задоволення від роботи, що покращує якість життя працівників;

– дотримання законодавства: охорона праці на робочому місці є необхідною для дотримання вимог нормативів та законодавства, що регулює сферу праці та безпеки;

– побудова позитивного іміджу: організації, які приділяють увагу питанням охорони праці, створюють позитивний імідж серед працівників та споживачів, що може сприяти їхньому успіху та стійкості на ринку.

Фактори забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини можна класифікувати як когнітивні, емоційні, поведінкові та реляційні.

Когнітивний аспект [1] полягає в розумінні та усвідомленні причинно-наслідкових зв'язків, пов'язаних із збереженням безпеки в різних умовах життєдіяльності. Люди взаємодіють з оточуючими їх ситуаціями, оцінюючи ризики та вживаючи заходів для забезпечення власної та оточуючих безпеки.

Емоційний аспект [2] грає важливу роль у визначенні, наскільки люди взаємодіють із ситуаціями, пов'язаними з безпекою. Емоції можуть впливати на рішення та дії, які спрямовані на забезпечення безпеки у побуті, на робочому місці.

Поведінковий аспект [3] відіграє ключову роль у визначенні того, як люди діють у ситуаціях, пов'язаних із небезпекою. Поведінка включає в себе конкретні дії та реакції, які відображаються на забезпеченні безпеки в різних ситуаціях.

Реляційний аспект [4] вказує на взаємозв'язок між безпекою людини та її фізичним чи соціальним оточенням. Такі фактори враховують відносини, взаємопорозуміння та співпрацю між особами, сприяють створенню позитивного соціального середовища, в якому безпека стає спільною відповідальністю, а взаємодія сприяє дотриманню та підтримці норм та практик безпеки.

Забезпечення безпеки є стратегічно важливим елементом для підтримки сталого розвитку та добробуту суспільства.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Zohar, D., Luria, G. (2004). Climate as a social-cognitive construction of supervisory safety practices: Scripts as proxy of behavior patterns. *J. Appl. Psychol.* 89. 322–333.
2. Kim, J. (2020). Development and Validation of Safety Commitment. Ph.D. Thesis, Catholic University, Buchon, Korea.
3. Macuzic, I., Giagloglou, E., Djapan, M., Todorovic, M., Jeremic, B. (2016). Occupational safety and health education under the lifelong learning framework in Serbia. *Int. J. Occup. Saf. Erg.* 22. 514–522.
4. Moon, K.S., Chang, Y.C. (2014). An Empirical Analysis on Safety Climate Constructs within Korean Companies. *Q. J. Labor Policy.* 14. 131–154.

## БАЛАНСУВАННЯ МІЖ ПІДВИЩЕННЯМ ПОТРЕБ В ПРОДУКТАХ ХАРЧУВАННЯ ТА СТІЙКИМ УПРАВЛІННЯМ ҐРУНТОВИМИ РЕСУРСАМИ

*Кирилович О.Д.<sup>1</sup>,  
Раїкевич Н.В.<sup>2</sup>, PhD*

*<sup>1</sup>ГУ ДСНС України у Харківській області,*

*<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України*

Стійке управління ґрунтами передбачає багатогранний підхід, який пов'язує «здоров'я» ґрунту з діями по боротьбі зі зміною клімату, збереженням біорізноманіття та стійким сільським господарством.

Ґрунти є життєвоважливим природним ресурсом [1], відіграють важливу роль у забезпеченні глобальної продовольчої безпеки. Ключовими моментами є:

- 1) Надання субстрату для рослин, які є основою продовольчої системи.
- 2) Постачання поживних речовин, таких як азот, фосфор, калій та інші мінерали, які рослини використовують для свого росту та розвитку. Це ключовий елемент для отримання врожаю.
- 3) Ґрунти виконують роль резервуара води для рослин. Вони утримують та передають воду рослинам в залежності від їхніх потреб.
- 4) Збереження генетичного резерву для важливих культурних рослин.

Роль ґрунтів у забезпеченні глобальної продовольчої безпеки переплітається зі стійким розвитком, але їй загрожують різні види людської діяльності та зміни клімату [2]. Ґрунти знаходяться під загрозою антропогенного тиску, що потребує розвитку та практичного впровадження активних стратегій управління ресурсами.

Перехід до стійких методів ведення сільського господарства, які покращують «здоров'я» ґрунту, є важливим кроком у пом'якшенні загроз ерозії, опустелювання, засолення, надмірного ущільнення та зміни клімату. Такі методи, як органічне землеробство, ресурсозберігаюче сільське господарство, агролісомеліорація та сівозміна, можуть підвищити родючість ґрунту, збільшити біорізноманіття та підвищити загальну стійкість сільськогосподарських систем.

За прогнозами, до 2050 року населення світу досягне майже 10 мільярдів осіб, що вимагатиме 70 % збільшення виробництва продуктів харчування [3]. Це загострить проблему збалансування потреб в продуктах харчування та стійким управлінням ґрунтовими ресурсами.

Продукти харчування, які ми споживаємо щодня, є продуктом складних глобальних продовольчих систем. Тип продуктів харчування, які ми вибираємо для споживання, способи їх виробництва, обробки, транспортування та викиду мають серйозні наслідки для здоров'я ґрунту та навколишнього середовища в цілому.

Зростання попиту на продукти тваринного походження призводить до зсуву сільського господарства у бік великомасштабного тваринництва. Однак, великомасштабне тваринництво ставить під сумнів сталий розвиток, особливо якщо воно включає в себе неефективне використання ресурсів, зайве застосування антибіотиків тощо.

Зміна структури харчування у бік рослинної дієти може пом'якшити негативний вплив на довкілля та сприяти здоровому способу життя людини, тому що:

- 1) Вирощування рослин потребує менше землі, води та енергії порівняно з тваринництвом. Зменшення споживання продуктів тваринного походження допомагає зменшити тиск на природні ресурси.

2) Виробництво м'яса та молока часто пов'язане з великими викидами парникових газів, такими як метан. Зменшення споживання тваринницьких продуктів може допомогти знизити ці викиди та впливати на зміну клімату.

3) Великі ферми для вирощування тварин можуть призвести до втрати біорізноманіття через вирубування лісів та забруднення водних ресурсів. Збільшення споживання рослинних продуктів може сприяти збереженню природних екосистем.

4) Великомасштабне тваринництво часто використовує антибіотики для підтримання здоров'я тварин. Це може призводити до розвитку антибіотикорезистентності. Зменшення споживання м'ясних продуктів може допомогти зменшити це явище.

5) Рослинна дієта може бути пов'язана з покращенням здоров'я, зменшенням ризику захворювань та сприянням загальному добробуту людей.

6) Вирощування рослин зазвичай потребує менше води порівняно з тваринництвом. Зменшення споживання продуктів тваринного походження може сприяти збереженню водних ресурсів.

7) Масова продукція рослин може бути менш чутливою до кліматичних змін та екологічних стресорів порівняно з вирощуванням тварин.

Також, ключовим аспектом цього системного зсуву є розробка альтернативних стійких джерел білка. Розробка та виробництво м'ясних аналогів на основі рослин, грибів та інші інноваційні підходи, можуть стати альтернативою традиційному м'ясу [4].

Балансування між підвищенням потреб в продуктах харчування та стійким управлінням ґрунтовими ресурсами є важливим завданням для забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського сектору. Структура харчування повинна бути перенаправлена у бік рослинної дієти. Це пом'якшить вплив на ґрунтові ресурси та сприятиме здоровому способу життя людини.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Dong, X., Martin, J.B., Cohen, M.J., Tu, T. (2023). Bedrock Mediates Responses of Ecosystem Productivity to Climate Variability. *Commun. Earth Environ.* 4. 114.
2. FAO. *Pulses: Symbiosis for Life*, Food and Agriculture Organization: Rome, Italy, 2016.
3. Dorling, D. (2021). *World Population Prospects at the UN: Our Numbers Are Not Our Problem? In The Struggle for Social Sustainability*, Policy Press: Bristol, UK. 129–154. ISBN 1-44-735612-8.
4. Smetana, S., Mathys, A., Knoch, A., Heinz, V. (2015). Meat Alternatives: Life Cycle Assessment of Most Known Meat Substitutes. *Int. J. Life Cycle Assess.* 20. 1254–1267.

## ПООБ'ЄКТНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТИЧНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗБИТКІВ

*Клочко Т.О., к.т.н.,*

*Уренова А.С.,*

*Швідько Д.О.*

*Національний аерокосмічний університет імені М.Е. Жуковського «ХАІ»*

У відповідь на величезні наслідки війни в Україні для навколишнього середовища Європейська економічна комісія ООН та партнери [1] об'єднують зусилля через міжвідомчу групу щоб координувати оцінку екологічної шкоди. Допмагаючи створити більш повну картину шкоди навколишньому середовищу на сьогоднішній день і в міру розвитку ситуації, цей скоординований підхід допоможе підвищити узгодженість, удосконалити методології оцінки, уникнути дублювання та сприятиме створенню надійної бази доказів, яка буде потрібна для майбутнього відновлення та зусилля з реконструкції.

Європейська економічна комісія ООН (ЄЕК ООН) з питань навколишнього середовища [2] наголошує що «Наявність інтегрованої, релевантної, високоякісної, своєчасної та легкодоступної екологічної інформації забезпечує засоби для оцінки стану навколишнього середовища та основу для змістовного та інформованого екологічного управління.

Для визначення шкоди та завданих збитків унаслідок збройної агресії російської федерації розробляються відповідні методики [3]. Її реалізація має на меті: прогнозування загальнодержавних та секторальних витрат на відновлення; визначення обсягів компенсації державі за шкоду, завдану довкіллю, а також національному надбанню України, до якого належить природно заповідний фонд (ПЗФ); подання на цих підставах відповідних позовів на компенсацію до судових інстанцій, зокрема — міжнародних.

Найбільшими ризиками для лісових насаджень на сході України є лісові пожежі, що виникають внаслідок вибухів боєприпасів або умисних підпалів, пов'язаних з тактикою ведення бойових дій. Збір екологічної інформації про стан довкілля та визначення шкоди в умовах військової агресії неможливий внаслідок небезпеки.

Під час визначення шкоди та збитків відповідно до методик відповідальним за визначення шкоди та збитків центральним та місцевим органам виконавчої влади рекомендується використовувати дані космічної зйомки, наявні геопросторові дані, цифрові картографічні матеріали на постраждалих території (об'єкти) для проведення ретроспективного аналізу стану постраждалих територій (об'єктів) та комплексних техніко-економічних досліджень з визначення завданих шкоди та збитків (рис.1).

Для встановлення по космічним знімкам факту знищення лісу внаслідок виникнення пожежі після обстрілу виділені наступні типи завдань:

– оцінка (встановлення факту на основі експертної думки) – оцінка ситуації із застосуванням комплексного підходу з метою виявлення будь-яких параметрів і процесів, часто за непрямими ознаками; дозволяє здійснити глибокий аналіз ситуації, підходить для вирішення нестандартних завдань, в тому числі виявлення небезпечних процесів;





**Рис. 1. Визначення пожежі за допомогою ресурсу Google Earth.**

- визначення (встановлення факту) – має на увазі детектування певного події або параметра на території;
- контроль (зіставлення встановленого факту із заданими параметрами) – встановлення наявності факту порушення або його відсутності за певний проміжок часу, а також одноразовий аналіз обстановки на основі аналізу параметрів об’єктів;
- фіксування (картографування існуючого стану і положення об’єктів) – це завдання передбачає позначення меж об’єктів, їх властивостей.

У короткостроковій перспективі Україна має зосередитися на усуненні та зменшенні безпосередніх ризиків, які війна становить для здоров’я людей та навколишнього середовища. Війна завдала широкомасштабної та серйозної шкоди навколишньому середовищу та спричинила як негайні, так і довгострокові наслідки для здоров’я людей, екосистем та економіки України та за її межами. Задokumentувати стан довкілля наземними засобами на території, що зазнала впливу активних бойових дій або знаходиться в зоні, яка не контролюється, неможливо. Такі місця доцільно контролювати за допомогою дистанційного моніторингу для виявлення ділянок та параметрів об’єкту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Інформація з сайту. URL: <https://unece.org/media/environment/Environment-for-Europe/press/376082>
2. Інформація з сайту. URL: <https://unece.org/info/publications/pub/349294>
3. Інформація з сайту. URL: <http://www.golos.com.ua/article/365371>

**КОМПЛЕКСНЕ ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ  
З БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ  
МАЙБУТНІХ ПЕДАГОГІВ  
У ПРОЦЕСІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

*Кондратенко Т.В., к.пед.н.*

*Обласний коледж «Кременчуцька гуманітарно-технологічна академія імені  
А.С.Макаренка» Полтавської обласної ради*

Сучасний розвиток суспільства, економічних відносин передбачає дотримання норм безпеки життєдіяльності та охорони праці, спрямованих на збереження здоров'я нації, становлення підростаючого покоління. Однією з основоположних засад, які визначає Конституція України, є людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека, які визнаються найвищою соціальною цінністю [2]. Продуктивні сили, виступаючи однією з першооснов виробничих відносин суспільства, є рушієм динамічного розвитку виробництв, галузей економіки та держави.

Забезпечення безпечного освітнього середовища є особливо важливим в умовах сьогодення та враховане Концепцією безпеки закладів освіти, схваленої урядом. Концепція передбачає: поліпшення стану пожежної та техногенної безпеки, організацію освітнього процесу в очному режимі за можливістю, забезпечення комфортного перебування учасників освітнього процесу в укриттях [3].

Дотримання закладами освіти загальнодержавних норм і правил з безпекових питань, реалізація освітнього процесу згідно з вимогами державних стандартів освіти, освітніх програм стає підґрунтям у забезпеченні виконання трудових функцій безпосередньо вихователями, вчителями [5, 6]. Здоров'язбережувальна компетентність педагога є напрямним вектором організації безпечного та здорового освітнього середовища, що враховано професійними стандартами за професіями «Вихователь закладу дошкільної освіти», «Вчитель початкових класів закладу загальної середньої освіти», «Вчитель закладу загальної середньої освіти» [5, 6]. Здоров'язбережувальна компетентність в освітньому процесі реалізується за напрямками дій вчителя (вчителя початкових класів) закладу загальної середньої освіти/вихователя закладу дошкільної освіти, а саме:

- організація безпечного освітнього середовища, використання здоров'язбережувальних технологій під час освітнього процесу;
- здійснення профілактично-просвітницької роботи з учнями/вихованцями та іншими учасниками освітнього процесу щодо безпеки життєдіяльності, санітарії та гігієни;
- формування в учнів/вихованців культури здорового та безпечного способу життя;
- здатність збереження особистого фізичного та психічного здоров'я.

Актуалізована одна з наскрізних здоров'язбережувальних компетентностей за трудовими функціями як вихователя, так й вчителя – готовність надавати домедичну допомогу учасникам освітнього процесу у невідкладних станах.

Можливість повноти реалізації здоров'язбережувальної компетентності трудової функції педагогів забезпечує сформованість знань, умінь та навичок здорового способу життя, життєвих компетентностей підростаючого покоління, безпечного освітнього середовища в цілому [1, с. 27].

У взаємодії роботодавець – працівник» охорона праці є комплексом правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатність людини [4].

Сучасною парадигмою розвитку суспільства актуалізовано комплексне формування компетентностей з безпеки життєдіяльності та охорони праці в процесі фахової підготовки здобувачів освіти закладами вищої освіти, закладами фахової передвищої освіти тощо. Обов'язковим освітнім компонентом з числа тих, що формують загальні компетентності майбутніх педагогів за освітньо-професійними програмами спеціальностей, є навчальна дисципліна «Безпека життєдіяльності та охорона праці», яка враховує наступність навчального матеріалу та набуття знань, умінь, навичок створення безпечних умов на робочому місці вчителя, вихователя. У майбутніх вчителів та вихователів формуються загальні компетентності (здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, здійснення безпечної діяльності тощо) та спеціальні компетентності, зокрема: здатність до здійснення заходів щодо збереження життя та здоров'я учнів/вихованців, до надання домедичної допомоги, до протидії та попередження булінгу, різних проявів насильства.

Сформованість компетентностей з безпеки життєдіяльності та охорони праці є невід'ємною складовою готовності майбутніх педагогів до виконання посадових обов'язків, зокрема, за здоров'язбережувальною професійною компетентністю (трудовою функцією).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кондратенко Т.В. Здоров'язбережувальна компетентність педагога як фактор професіоналізму. Science and education in the conditions of today's challenges : proceedings of the International scientific and practical conference. International Humanitarian Research Center (Chernihiv, 2023, December 16). Research Europe, 2023. P. 26–28.
2. Конституція України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, № 30, ст. 141. (дата звернення: 02.01.2024).
3. Концепція безпеки закладів освіти. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 07.04.2023 № 301-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/301-2023-%D1%80#Text> (дата звернення: 02.01.2024).
4. Про охорону праці. Закон України. Відомості Верховної Ради (ВВР), 1992, № 49, ст. 668. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 02.01.2024).
5. Професійний стандарт за професіями «Вчитель початкових класів закладу загальної середньої освіти», «Вчитель закладу загальної середньої освіти», «Вчитель з початкової освіти (з дипломом молодшого спеціаліста)». Наказ Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України від 23.12.2020 № 2736-20. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2736915-20#Text> (дата звернення: 02.01.2024).
6. Професійний стандарт «Вихователь закладу дошкільної освіти». Наказ Міністерства економіки України від 19.10.2021 № 755-21. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzyhennya-profesijnogo-standartu-vihovatel-zakladu-doshkilnoyi-osviti> (дата звернення: 02.01.2024).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХОДІВ СПОЖИВАННЯ КАВИ НА РІВЕНЬ pH ҐРУНТІВ

*Кочетов М.С., аспірант,  
Тихомирова Т.С., к.т.н., доцент*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

У сучасному світі, де кавова культура стала не лише смаковою, але й соціокультурною складовою, проблема утилізації відходів, зокрема гущі від кави, набуває особливої актуальності. Зростаюча кількість закладів та особистих просторів, де подають кавові напої, призводить до великих обсягів відходів, які часто потрапляють в навколишнє середовище.

Для утворення 1 тони кавової гущі люди повинні випити близько 100 тис чашок кави. Для прикладу, у м. Харків у період до 24.02.2022 в середньому на добу утворювалось 8тон вологої кавової гущі, у м. Київ -до 18 тон. У 2023 році цей показник впав для Харкова на 45 %, для Києва – на 30 %. Переважна більшість мокрої кавової гущі опиняється на полігонах. За власними дослідженнями, до 10 % щоденної кількості утвореної кавової гущі не потрапляє на полігони.

Розповсюдженою практикою у великих містах України є пряме розміщення кавової гущі на поверхні ґрунту в місцях споживання кави, особливо у маленьких пересувних кав'ярнях. Найчастіше кавову гущу розміщують на відкритих ділянках ґрунту біля зелених насаджень – дерев, кущів, на квіткових клумбах. При цьому як продавці, так й споживачі кави впевнені, що жодної шкоди довікллю такий процес не приносить, адже кавова гуща є органічним відходом та навіть добривом. Тим не менш, велика кількість локально розміщеної кавової гущі не завжди приносить користь.

В урбанізованих екосистемах ґрунти піддаються дії різних стресових факторів, серед яких слід відзначити потрапляння великої кількості забруднювачів на поверхню у твердому стані, частина яких мігрує в глибину ґрунтів внаслідок розчинення у воді, яка переважно потрапляє з атмосфери. До того ж, ґрунти урбанізованих середовищ виснажуються внаслідок нераціонального їх використання під різні рослини, вітровій та водній ерозії родючого шару, відсутності внесення мінімальної кількості добрив.

Відхилення значення від оптимального рівня pH води, яка потрапляє на поверхню ґрунтів, є додатковим стресовим фактором для них. Значні коливання pH рівня води можуть призвести до загибелі мікроорганізмів ґрунтів та пригнічувати розвиток рослинності на поверхні. Особливо небезпечним є коливання pH для молодих однорічних трав'янистих рослин, як дикорослих, так й тих, що використовують в ландшафтному дизайні міських просторів.

Закислення міських ґрунтів відбувається внаслідок дії кількох факторів, серед яких так звані кислі атмосферні опади є одним з найважливіших. Додаткове закислення ґрунтів може відбуватися при просоченні атмосферних осадків крізь іногородні об'єкти, які опиняються на поверхні ґрунтів. Кавова гуща є одним з таких об'єктів, адже є нетиповим органічним сміттям для території України.

Мета даної роботи дослідити впливу гущі від кави на рівень pH водних об'єктів, зокрема на рівень pH поверхневого стоку. Розуміння цього впливу стає важливим для розвитку сталої та екологічно безпечної стратегії утилізації кавових відходів.

Для визначення pH рівня поверхневого стоку та водної витяжки ґрунтів використовувалася електрометричний метод [1], а також паралельно за допомогою ручного приладу Ph метр HI98129 HANNA (похибка  $\pm 0,05$ pH).

Об'єкти дослідження та методика їх формування наведені у таблиці 1:

**Таблиця 1. Об'єкти дослідження**

№ зразку	Місце та дата формування зразку	Опис зразку	Температура зразку, °С
1	м. Київ, літо 2023	Чиста дощова вода	18
2		Водна витяжка кавової гущі на дощовій воді, самостійно приготовлений розчин	18
3		Водна витяжка ґрунту без кавової гущі	20
4		Водна витяжка ґрунту після дощу, на поверхні якого знаходився шар кавової гущі завтовшки 2 мм	19
5		Водна витяжка кавової гущі після дощу, яка отримана в польових умовах (розташування кавової гущі у стаканчику під дощем)	20

Для визначення рН всі зразки попередньо відфільтровувались від залишків кавової гущі та землі. У таблиці 2 наведені дані щодо значень рН, виміряні різними методами. Приводилось 3 паралельних досліди, дані усереднювали.

**Таблиця 2. Результати вимірювання рН рівня у зразках**

№ зразку	Значення рН	
	Електрометричний метод	Ручний прилад
1	6,056	6,0
2	4,876	5,1
3	5,856	5,8
4	5,023	5,0
5	5,011	5,0

Аналіз отриманих даних вимірювання рівня рН свідчить про збільшення кислотності ґрунтів, на поверхні яких знаходилась кавова гуща. Це витікає з кислотного характеру самої кавових гущі, адже водна витяжка навіть не самої кави першого приготування, а кавової гущі має кислий рівень рН (4,876). В цілому, у місцях відбору проб ґрунтів рівень рН в них вже був зміщений до кислотного (5,856). Додаткове потрапляння кислого середовища збільшує кислотність ґрунтів до значення 5, тим самим переводячи ґрунти з слабокислих у помірно кислі.

Такий вплив необхідно враховувати, в тому числі, при підборі рослин для озеленення, обираючи ті, які гарно розвиваються у кислих ґрунтах, серед трав'янистих, наприклад родину вересових

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Стандартизація, сертифікація, метрологія та управління якістю : методичні рекомендації до лабораторних робіт / уклад. : М. М. Воробець, О.В. Сема, А.В. Сачко. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 32 с.

## **БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ПРИ ТЕРМІЧНОМУ ЗНЕШКОДЖЕННІ ВІДХОДІВ**

*Крот О.П.<sup>1</sup>, д.т.н., доцент,*

*Крот О.Ю.<sup>1</sup>, д.т.н., доцент,*

*Пуховой О.В.<sup>2</sup>,*

*Косенко Н.О.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

*Левашова Ю.С.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,*

<sup>2</sup>*Харківський національний університет міського господарства  
імені О.М. Бекетова*

Термічне знешкодження твердих побутових відходів має такі значні переваги: отримання теплової та електричної енергії, що сприяє енергетичній незалежності; скорочення обсягу відходів, що знижує необхідність у полігонах для відходів та знижує кількість антропогенних ландшафтів. Технології, такі як сучасні сміттєспалювальні установки (Waste-to-energy plants), можуть забезпечувати високий рівень ефективності у виробництві енергії. Важливо відзначити, що технологія спалювання побутових відходів викликає побоювання з приводу викидів в атмосферу, включаючи токсичні речовини та парникові гази, а також створює проблеми утилізації шлаку та летючої золи [1]. Тому впровадження такої технології має супроводжуватись дотриманням суворих стандартів безпеки та охорони навколишнього середовища.

На сучасній сміттєспалювальній установці встановлюється обладнання призначене для ефективного спалювання твердих побутових відходів і виробництва енергії. Основні компоненти обладнання: камера спалювання, де відбувається термічне розкладання відходів під впливом високих температур; котел, в якому високотемпературні гази, що утворюються в процесі спалювання, використовуються для нагрівання води і виробництва пари; турбіна та генератор, які застосовуються для виробництва електроенергії; система керування викидами (фільтрація та очищення) для очищення відхідних газів від токсичних речовин і частинок перед їх викидом в атмосферу; система обробки золи, включаючи їх зберігання та утилізацію; система контролю та автоматизації, до якої входить устаткування для безперервного моніторингу температури, тиску, рівня викидів та інших параметрів процесу; система подачі та підготовки палива, яка включає пристрої для подачі та попередньої обробки твердих комунальних відходів перед їх спалюванням; система кондиціонування повітря – для контролю та оптимізації температури та складу повітря в камері спалювання для ефективного процесу спалювання; система охолодження – використовується для охолодження обладнання та підтримки оптимальних умов роботи.

Розглянемо систему управління викидами в сміттєспалювальній установці, основна мета якої – мінімізувати викиди токсичних речовин, частинок та інших забруднень, забезпечуючи дотримання нормативів з охорони навколишнього середовища. Спираючись на аналіз літературних досліджень та особистий досвід авторів можна назвати такі очисні апарати. Електрофільтри – для уловлювання твердих частинок, які утворюються в процесі спалювання сміття. Гази проходять через систему заряджених електродів, де частинки осідають, а потім можуть бути видалені. Тканинні фільтри, через які проходять гази, і частинки затримуються на поверхні фільтра. Такі фільтри можуть використовуватися для уловлювання твердих частинок та певних газів. Сорбційні системи, в яких використовуються сорбційні матеріали, такі як активоване вугілля або спеціалізовані хімічні речовини, можуть

використовуватися для поглинання певних токсичних речовин і газів з викидів. Системи очищення від токсичних хімічних сполук, таких як діоксини, що можуть утворюватися в процесі спалювання відходів. Системи видалення сажі та летючої золи. Системи моніторингу, які безперервно стежать за параметрами викидів, такими як вміст токсичних речовин, температура та тиск, щоб забезпечувати відповідність стандартам та регулюванням.

Важливо відзначити, що ці технології можуть застосовуватися в комбінації залежно від конкретних характеристик відходів і вимог щодо очищення в даній сміттєспалювальній установці. Ефективність системи управління викидами має ключове значення для того, щоб зробити сміттєспалювання більш екологічно безпечним та дотримуватися нормативів з охорони навколишнього середовища.

Пропонується використання багатокритеріальних інструментів ухвалення рішень для вибору найкращого сценарію управління викидами в технології термічного знешкодження сміття. Багатокритеріальний аналіз у сфері екологічної безпеки, а особливо термічного знешкодження, в Україні поки що практично не використовується, незважаючи на його переваги. Таким чином, за допомогою цієї роботи міська влада і менеджери відходів можуть бути поінформовані про можливості таких підходів, їх переваги та недоліки у порівнянні з іншими доступними альтернативами, щоб отримати підтримку у виборі оптимальної технології захисту навколишнього середовища при термічному знешкодженні відходів. Методи багатокритеріального прийняття рішень є корисними інструментами, що допоможуть зацікавленим сторонам зробити процес прийняття рішень надійним. Це систематична і математично стандартизована процедура для вирішення проблем, на практиці – оптимальний компроміс.

Багатокритеріальне прийняття рішень, на відміну від аналізу, заснованого на одному критерії, полегшує створення цілісного набору критеріїв, які будуть функціонувати як інструмент для повної оцінки, і дозволяє сформулювати, використовувати і трансформувати переваги в процесі прийняття рішень. Таким чином, при обґрунтуванні рішення щодо вибору технології термічного знешкодження відходів, який може інтегруватися з енергоефективністю і охороною природи і для якого необхідно вирішити багато проблем, рекомендується використовувати багатокритеріальні методи прийняття рішень. При кількісній оцінці критерію діяльності системи за сукупністю параметрів необхідно провести ієрархічне представлення впливаючих факторів. Для цього застосовується метод аналізу ієрархій, який є одним із способів проведення складних експертиз. Метод аналізу ієрархій передбачає декомпозицію проблеми на більш прості складові. Були обрані варіанти, які підлягають багатокритеріальному аналізу, далі були вибрані критерії, за якими будуть оцінюватися варіанти. Створено систему експертних оцінок для вибору основного обладнання термічного знешкодження відходів за умови отримання енергії з відходів. Для цього був застосований нечіткий багатокритеріальний аналіз варіантів з використанням парних порівнянь.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ji, L., Lu, S., Yang, J., et al. (2016). Municipal solid waste incineration in China and the issue of acidification: A review. *Waste Management & Research*. 34(4). 280–297. Doi:10.1177/0734242X16633776

## ХІМІЧНА ОБРОБКА ДЖИНСОВИХ ВИРОБІВ. ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я СПОЖИВАЧІВ

*Крючкова В.В., аспірантка*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Одяг виготовлений джинсової тканини вже не один десяток років залишається одним з найпопулярніших предметів гардеробу. На сьогоднішній день джинси – це вже не одяг спеціального призначення. Дані вироби славляться своєю зручністю, практичністю та головне універсальністю. Варто допустити той факт, що вироби відшиті з цього матеріалу є майже у 90 % населення планети.

Аналіз сезонних колекцій джинсових виробів сучасних брендів, можна спостерігати наступні тенденції: регулярне насичення ринку так названими «трендами» тобто товарами, які користуються попитом нетривалий час і не є недоцільними для виготовлення в масовому виробництві; зростання попиту на індивідуальний підхід до кожного виробу; розширення області експлуатаційних здатностей виробів, що дозволить зберігати первинні властивості та підвищити екологічність виробу.

Саме довготривале збереження первинного вигляду готового виробу є одним з основних критеріїв вибору готового виробу споживачем. Однак часто, в залежності від рівня цінової політики бренду, споживач отримує не тільки різний фасон, але і різну якість готового продукту. Останній фактор є першочерговим у питанні довготривалості експлуатації, безпечності та екологічності виробу.

При виготовленні джинсових тканин велике значення має обробка матеріалу. Класичний набір стадій кінцевої обробки джинсового асортименту складається з таких процесів, як розшліхтовування, прання (з пемзою, ензимами, або спільно), відбілювання, нейтралізація хлору, пом'якшення. При цьому, обов'язковими операціями є саме розшліхтовування, нейтралізація хлору, якщо виріб відбілювався, та пом'якшення. Саме ці операції складають ту частину процесу, в якій забезпечується заздалегідь запланований зовнішній вигляд і колір виробів.

Колір є одним з пріоритетних умов вибору готового виробу. Надання необхідного кольору джинсовому матеріалу представляє складний довготривалий та ресурсоємний процес. Найбільш часто для цього матеріал повинен пройти хімічну обробку, яка в свою чергу включає наступні стадії:

1. Відбілювання. Процес проходить з використанням активного хлору, перманганату калію, перекису водню та  $\text{NaClO}$  при температурі  $50^{\circ}\text{C}$ ;

2. Додаткове фарбування виробів. Процес проходить в 3 стадії: до хімічної обробки поверх шару індиго; після абразивної обробки, до операцій пом'якшення. Температура  $60^{\circ}\text{C}$ ;

3. Повторне фарбування виробів. Процес проходить з використанням фарбувально розчину: 1–4 % барвника, карбонатом натрію 1–2 %, хлоридом натрію 5–20 % від сухої маси виробів. Температурний режим –  $80\text{--}90^{\circ}\text{C}$  [1].

Таким чином, можна відмітити, що процес надання джинсовій тканині необхідного кольору, не тільки технологічно складний, але й небезпечний як для працівників підприємства, так і для довкілля. Окрім хімічних речовин, які використовують у технологічному процесі, для надання тканині якісного стійкого забарвлення необхідна велика кількість барвника. Такі барвники виготовляються за допомогою неекологічної технології, а саме синтезу вугілля та нафти з потенційно



токсичними проміжними продуктами. Це є лише одна з небагатьох причин виготовлення даного асортименту вимагає екологізації [2].

Однак недоліки технологічних процесів, мають не тільки прямий, але й опосередкований вплив на довкілля. Причина цього явища криється у якості та масштабності продукції, що виробляється. Поширеність цього виду одягу серед населення збільшує попит на виробництво. Мас-маркет бренди та інші масові виробники через швидку зміну асортименту та відносно невелику ціну на готовий виріб не завжди слідкують за якістю продукції яка виходить під їх логотипом.

Результати прогалин в технологічному процесі виробництва джинсового одягу, які буди відстежені на власному досвіді:

- фізичне зношення виробу настало раніше ніж той встиг втратити свою актуальність. Наприклад, поява протертостей лише на певних ділянках джинсів, у той час як решта виробу залишає свою цілісну форму.

- неякісно пофарбований матеріал частково переходить на шкіру при безпосередньому контакті. Частими результатами таких ситуацій стають алергічні реакції. Особливу увагу, у такому випадку, слід звертати на дитячі речі.

- втрата кольору та фізичних властивостей після перших процесів прання;

- їдкий хімічний запах нової речі, який іноді не витрачається після першого прання. У результаті чого споживачі можуть спіткнутися з появою алергічних реакцій. Як і в випадку з неякісним забарвленням, особливу увагу, у такому випадку, слід звертати на дитячі речі.

Вироби незадовільної якості реалізуються у великих об'ємах, однак з моменту придбання використовуються мінімальну кількість разів. За даними [3] споживачі в середньому викидають 40 % джинсових виробів, які навіть не вдягали. Втративши споживчі властивості або актуальність ці вироби потрапляють на полігони з іншим сміттям, де продовжують забруднювати ґрундове та водне середовище.

Збільшення кількості викинутого на смітник одягу призводить до збільшення територій сміттєзвалищ. Викинутий на смітник одяг з джинси або деніму розкладається не менше 5 років. В результаті процесів розкладання, ґрунтові системи насичуються солями важких металів, хлоридами натрію та калію. У наслідок гідролізу дані хімічні сполуки просочуються через ґрунтові системи, де спричиняють інтоксикацію мікроорганізмів які забезпечують ґрунтоутворні процеси, сприяють утворенню геохімічних бар'єрів та потрапляють у підземні води.

Враховуючи все раніше зазначене слід відзначити, що процес екологізації виробничих процесів слід починати з моменту проектування виробу і дотримуватися відповідних вимог та стандартів на кожному етапі виробництва. Таким чином, вибір оптимальних технологій очищення текстильних виробів забезпечує збереження споживчих властивостей виробів і зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Білей-Рубан Н.В., Облещук Т.В. Вибір методів кінцевих обробок джинсових виробів та деніму у відповідності до призначення швейних виробів. Вісник Хмельницького національного університету. Хмельницький. 2009. № 2. С. 128–133.

2. Claudio, L. (2007). Waste couture: environmental impact of the clothing industry. Environ Health Perspect. 115(9). 448–454.

## ОСОБЛИВОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ У ЗАСОБАХ БРОНЕЗАХИСТУ

*Маловик І.В.<sup>1</sup>,*

*Скоробогатько Т.М.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,*

*Стрілець В.В.<sup>3</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>*Державна служба України з надзвичайних ситуацій,*

<sup>2</sup>*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,*

<sup>3</sup>*Гуманітарна міжнародна організація The Halo Trust*

В доповіді показано, що важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт особовим складом в умовах можливого бойового ураження ворогом є відсутність кількісних показників, що характеризують відповідні закономірності діяльності газодимозахисників у разі одночасного використання ними засобів індивідуального захисту органів дихання та бронезахисту.

З урахуванням цього були проведені дослідження, робоча гіпотеза яких полягала в тому, що отримання кількісних показників, які характеризують розглянутий варіант діяльності газодимозахисників (одночасне використання АСП та бронезахисту) у вигляді функцій розподілу, дозволяє здійснити у відповідності до критерію Стюдента їх порівняльний кількісний аналіз шляхом співставлення з відповідними результатами у разі стандартного оснащення (використання тільки засобів індивідуального захисту органів дихання).

По аналогії з [1] у якості методу дослідження було обрано проведення експериментальних досліджень діяльності газодимозахисників як тільки в апаратах на стисненому повітрі (АСП) АСП, так і в комбінації АСП із засобами бронезахисту в мобільному тренажері контейнерного типу виробництва компанії MAW GmbH (далі - мобільний тренажер), який на сьогоднішній день найбільш повно відтворює умови роботи рятувальників в непридатному для дихання середовищі, з подальшим порівнянням статистичних характеристик, які отримуються на ЕОМ в середовищі Excel.

Під час занять із газодимозахисниками, а саме вони виступали у якості досліджуваних, кожен з них виконує у випадковій послідовності наступні визначені вправи з урахуванням мінімально необхідного навантаження: підйом по нескінченним сходам (15 кДж); тяговий тренажер (5 кДж); бігова доріжка (10 кДж); велотренажер (30 кДж); подолання теплодимокамери-лабіринту в задимленому середовищі в умовах підвищеної температури (до 60 °С) та обмеженого простору (20 кДж). Під час експериментальних досліджень одні й ті ж самі респонденти виконували один раз означений набір вправ у загальноприйнятому спорядженні (каска пожежна, захисний одяг пожежника, пояс пожежний рятувальний, взуття пожежника захисне, рукавички пожежника, апарат на стисненому повітрі) та другий раз з перервою у одну добу у тому ж самому спорядженні й додатково у бронезилеті 3 класу захисту. Відповідно, загальна маса спорядження, в якому газодимозахисник виконував вправи, в першому випадку складала близько 25 кг, а у другому – близько 35 кг (+ 40 % по відношенню до першого варіанта).

Відмічено, що в ході проведення експериментальних досліджень час виконання поставленого завдання після застосування бронезилету III рівня захисту практично не змінився. Це може бути пояснено тим, що залучені до експерименту щодо визначення особливостей діяльності в умовах вражаючого впливу рашистів газодимозахисники

виконували контрольне завдання в комплексі засобів захисту, який включав бронезахист, на другий день після виконання цього завдання в стандартному озброєнні. Тобто, вони добре передбачали характер можливих навантажень на кожному етапі та вже знали особливості проходження лабіринту.

Проте, в розглянутих в експерименті умовах навіть тільки за рахунок збільшення ваги оснащення та ускладнення роботи, оскільки засоби бронезахисту не розроблялись для сумісного використання в комплексі із загальнозначимим оснащенням газодимозахисників, суттєво погіршилися всі психофізіологічні показники, які характеризують стан рятувальника: мінімальна та максимальна частота серцевих скорочень, їх середнє значення на протязі проведення аварійно-рятувальних робіт, легенева вентиляція тощо. Одночасно видно, що газодимозахисники в умовах ведення бойових дій виконують поставлені професійні завдання з урахуванням своїх можливостей роботи в екстремальних умовах, свідченням чого є те, що середнє значення показника максимального значення частоти серцевих скорочень фактично не перебільшило рівень 180 уд./хв., перевищення якого вважається небезпечним для здоров'я.

Компенсація додаткового навантаження відбувається за рахунок збільшення витрат повітря, яке проявилось у підвищенні легеневої вентиляції від  $\omega_{\text{л}}^{\text{без}} \approx 72,6 \pm 8,9$  л/хв. до  $\omega_{\text{л}}^{\text{брон}} \approx 87,9 \pm 9,3$  л/хв. З урахуванням цього вимагає корегування показник легеневої вентиляції ( $\approx 40$  л/хв.), який є рекомендованим для розрахунку часу роботи в ізолюючих апаратах згідно [24]. З урахуванням отриманих результатів на посту безпеки під час попередніх розрахунків часу роботи в АСП газодимозахисників, які використовують засоби бронезахисту, доцільно використовувати показник легеневої вентиляції  $\omega_{\text{л}}^{\text{брон}} \approx 90$  л/хв., що для апаратів з об'ємом балона  $V_{\text{б}}=6$  л, а саме такі широко використовуються в областях, які наближені до бойових дій ЗСУ, дає можливість перейти до спрощеної оцінки того, як змінюється тиск  $P$  в АСП під час роботи в непридатному для дихання середовищі,  $\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx 1,5$  МПа / хв.  $\approx 15$  бар / хв.

Сильною стороною отриманих результатів є отримання з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  статистичних оцінок результатів діяльності газодимозахисників як в стандартному озброєнні, так і у комбінації цього озброєння з бронезахистом III рівня захисту, шляхом виконання контрольних вправ в мобільному тренажері виробництва компанії MAW GmbH. За результатами аналізу експериментальних результатів визначені конкретні практичні рекомендації. Отримані закономірності діяльності газодимозахисників у вигляді функцій розподілу можуть бути використані у якості як вихідних даних для проведення імітаційного моделювання на ЕОМ, так і для перевірки достовірності розроблених математичних моделей ліквідації надзвичайних ситуацій ОРП ДСНС в умовах війни з росією.

В доповіді підкреслено, що авторами вперше були проаналізовані особливості проведення аварійно-рятувальних робіт під час війни з росією шляхом порівняння показників, які характеризують діяльність газодимозахисників ДСНС як в загально прийнятих умовах ліквідації надзвичайних ситуацій в непридатному для дихання середовищі, так і в умовах, коли така ситуація доповнюється можливим вражаючим впливом рашистів і вимагає застосування газодимозахисниками в доповнення до загальноприйнятого оснащення засобів бронезахисту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Скоробагатько Т., Єременко С., Пруський А., Савельєв І., Стрілець В., Сидоренко В. Порівняльний аналіз діяльності газодимозахисників різних вікових груп. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. (1(15)). (2023). С. 41–55. URL: [https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1\(15\).41-55](https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1(15).41-55)

**ВИБІР МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ  
ТЕХНОГЕННИХ НЕБЕЗПЕК В УМОВАХ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ***Малько О.Д., к.військ.н., доцент**Національний університет цивільного захисту України*

В умовах російської агресії, внаслідок нанесення ракетних, дронівих та авіаційних ударів по території нашої країни, з'являються ризики руйнування або пошкодження об'єктів підвищеної небезпеки: атомних електростанцій, підприємств хімічної промисловості, гідроелектростанцій та інших споруд. Особливу тривогу викликають промислові підприємства, де у великих кількостях зберігаються (застосовуються) небезпечні хімічні речовини (близько 1000 хімічно небезпечних об'єктів (ХНО)), у зонах можливого ризику ураження яких проживає понад 10 млн. людей. Всього в Україні, на початок воєнних дій, функціонувало близько 931 таких об'єктів, на яких зберігалось або використовувалось у виробничій діяльності 308,07 тис. тон небезпечних хімічних речовин (НХР), у тому числі 4,08 тис. тон хлору, 202,66 тон аміаку та 101,33 тон інших НХР. При цьому, найбільша кількість ХНО зосереджена у східних областях України, в яких ведуться воєнні дії, або які потерпають від масованих ракетно-авіаційних та дронівих ударів супротивника. Так, в Донецькій області розташовано 149 ХНО, в Харківській області – 80 ХНО. в Дніпропетровській області – 108 ХНО. Пошкодження або руйнування зазначених об'єктів (техногенних систем), може спричинити техногенні небезпеки, які можуть сягати масштабів надзвичайної ситуації загальнодержавного масштабу (НС ТХ) [1].

Одним з важливих завдань запобігання НС ТХ є прогнозування факту їх виникнення, яке може вирішуватись шляхом створення моделей функціонування ХНО (техногенної системи). Але моделювання функціонування техногенної системи вимагає використання прогнозних величин параметрів, які мають певний рівень стохастичної невизначеності, внаслідок неможливості спрогнозувати час нанесення ударів супротивником і їх можливі наслідки. При цьому, якість прогнозу (його надійність) залежить від адекватності математичної моделі, яка, також, залежить від кількості факторів, які були враховані та від вірогідності самого результату прогнозування. Вимоги максимальної адекватності і максимальної вірогідності знаходяться у суперечності: чим більш факторів враховується в математичній моделі, тим більш вона адекватна. Водночас, внаслідок зростання кількості врахованих прогнозних факторів зростає невизначеність результату прогнозування (знижується вірогідність), що не дає можливості його використання при прийнятті рішення. За таких умов, прогнозування функціонування зазначених об'єктів вимагає використання прогнозних величин параметрів, які мають певний рівень стохастичної невизначеності.

Для прийняття рішення про практичне використання результатів прогнозу необхідно визначити відповідність стохастичної невизначеності прогнозних параметрів потрібної надійності прогнозу. Для цього можна застосувати підхід приведені в [2]. Суть його у наступному:

- за допомогою математичних моделей прогнозується вектор параметрів  $X$  пр., який характеризує процес функціонування техногенної системи (або її підсистем), при цьому результати прогнозу є початковою інформацією для визначення кількісної оцінки ступеню загрози виникнення НС ТХ

$$X_{пр} = \{ X_{пр\ k} \}, k = 1, n; \quad (1)$$

- визначення за допомогою моделі функціонування техногенної системи (або її підсистеми) кількісної оцінки ступеню загрози виникнення НС ТХ -  $Y$  на закінчення періоду прогнозування.

$$Y = f(X_{\text{пр}}). \quad (2)$$

Час можливого виникнення НС ТХ визначиться періодом прогнозування вектору параметрів, при котрому ця кількісна оцінка досягне критичної межі, тобто

$$Y < Y_{\text{к}}, \quad (3)$$

де  $Y_{\text{кр}}$  – критична величина кількісної оцінки ступеню загрози виникнення НС ТХ.

Для досягнення високої достовірності результатів прогнозування необхідно використання математичної моделі процесу функціонування техногенної системи (або її підсистеми), яка забезпечує найбільшу повноту опису особливостей цього процесу. Але досягнення найбільшої повноти опису математичної моделі може бути встановлено за рахунок урахування особливостей цього процесу, та як наслідок - використання в моделі більшої кількості параметрів, які отримані шляхом прогнозування.

Результати прогнозування параметрів процесу в залежності від вибору моделі та періоду прогнозу будуть мати стохастичну невизначеність, яка може характеризуватися вектором величин середнього квадратичного відхилення результатів прогнозу  $\sigma$  від істинного значення

$$\sigma = \{ \sigma_k \}, k = 1, n. \quad (4)$$

Через це використання прогнозних величин параметрів процесу функціонування техногенної складової (або її підсистеми) в математичній моделі її функціонування приводить до появи невизначеності кількісної оцінки ступеню загрози виникнення НС ТХ -  $Y$ . Таким чином, за результатами реалізації прогнозної моделі, кількісна оцінка ступеню загрози є випадковою величиною з власним значенням  $\sigma_{\text{пр}}$ . При цьому, високий рівень невизначеності результатів прогнозування кількісної оцінки ступеню загрози виникнення НС ТХ значно затрудняє її практичне використання.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Руденко Л.Г., Дронова О.Л., Ляшенко Д.О. Концепція створення атласу природних, техногенних, соціальних небезпек і ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в Україні. Київ. 2020. 47с.

2. Полежаєв А.М., Карманний Є.В., Ковжого С.О., Малько О.Д. Вибір математичної моделі прогнозування виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру в умовах не визначення інформації. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 124. «Механізація сільськогосподарського виробництва». Том 2. Харків. ХНТУСГ, 2012. С. 418–422.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ІОНООБМІННОЇ ЄМНОСТІ КЛИНОПТИЛОЛІТУ ЩОДО ІОНІВ МІДІ В УМОВАХ ІДЕАЛЬНОГО ВИТІСНЕННЯ ТА В ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ**

*Мальований М.С.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Одноріг З.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Тимчук І.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Lutek W.<sup>2</sup>, PhD*

<sup>1</sup>*Національний університет «Львівська політехніка»,*

<sup>2</sup>*Faculty of Economics, Maria Curie Skłodowska University, Lublin, Poland*

В процесах очищення та доочищення природних або промислових стічних вод активно використовуються природні сорбенти (бентоніти, природні цеоліти, палигорськіти, глауконіти). Завдяки високо розвиненій питомій поверхні, хорошим адсорбційним та іонообмінним властивостям природними сорбентами можна добре вилучати з води забруднення органічного та неорганічного характеру, іони важких металів чи радіоізотопи [1], зокрема розчинів при фільтрування через нерухомий шар зерен сорбенту [2].

Іони міді передаються харчовим ланцюгом в організм людини, необхідно враховувати їх токсичність та низьку здатність до біодеградації [3]. Потреба захисту водотоків або від негативного впливу іонів міді, що містяться в промислових стічних водах, спонукали до продовження проведення комплексу експериментів [4]. Основна мета досліджень полягала у встановленні ефективності сорбції іонів міді на клиноптилоліті, а також оптимальних технологічних умов проведення процесу. Тому визначався вплив гідродинаміки на іонообмінну здатність цеоліту щодо іонів міді за умов різних початкових концентрацій модельного розчину ( $C_{\text{поч}}^1 = 1 \text{ кг/м}^3$ ;  $C_{\text{поч}}^2 = 0,25 \text{ кг/м}^3$ ). Для проведення іонообмінних процесів як правило використовують колони двох типів: самопливні та напірні. Для експериментів використовувалась лабораторна колонка напірного типу. Проведені дослідження процесу очищення води від катіонів міді ( $C_{\text{поч}} = 1 \text{ кг/м}^3$ ) фільтруванням через нерухомий шар зерен клиноптилоліту. Для визначення вмісту іонів міді у фільтраті використовували об'ємний та фотоколориметричний методи аналізу.

Ефект видалення іонів міді із розчину залежить від часу перемішування та частоти обертання мішалки. Нами вибрано такі частоти обертів: 25; 50 та 80 об/хв (відповідно 0,42, 0,83 та 1,33 об/с). В режимі 0,42 об/с вся маса частинок активно перемішується. За умови 0,83 об/с всі частинки мінералу переходять у зважений стан в повному об'ємі. 1,33 об/с – максимальна кількість обертів мішалки за даних експериментальних умов. Найбільш сильний вплив часу спостерігається в початковий період часу (до 10–15 хвилин). Збільшення частоти обертання мішалки від 0,42 до 0,83 с<sup>-1</sup> також покращує ефект видалення – іонообмінна ємність  $E$  зростає від 123 до 130 мг-екв/г. Подальше зростання частоти обертання у півтора рази (від 0,83 об/с до 1,33 об/с), як показали результати експериментальних досліджень, не призводить до значних змін (від 130 до 132,8 мг-екв/г). Це пов'язано, очевидно із тим, що процес іонного обміну проходить в області високорозвиненої турбулентності і збільшення кількості обертів мішалки незначно змінює структурні характеристики потоку в реакторі. Отже, іонообмінний процес лімітує внутрішньо дифузійна область кінетики.

Маса засипки сухого цеоліту становила  $M = 0,275 \text{ кг}$ , висота засипки, залитої дистильованою водою в колонці сягала  $H = 0,56 \text{ м}$ . Всю систему заповнювали дистильованою водою. Тоді в колонку поміщали зволожений клиноптилоліт на

марлевий піддон і вмикали лабораторний насос, встановлюючи витрату на дистильованій воді. Витрата фільтрату становила: а)  $q_1 = 2 \text{ дм}^3/\text{год}$ ; б)  $q_2 = 1,5 \text{ дм}^3/\text{год}$ .

Експериментальним шляхом для заданої швидкості модельної рідини через нерухомий шар навантаження  $v_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$  підбрано цеоліти із середнім діаметром зерен в межах 0,75–1 мм. Даний діаметр зерна забезпечує стабільність шару сорбенту при вказаній швидкості руху розчину та високу інтенсивність поглинання іонів міді. Зразки фільтрату потоку на виході з лабораторної динамічної колонки відбирали протягом 240 хвилин через кожні 10 хв. Досліди проводили до того часу, поки концентрації іонів металу в розчині  $C_0$  та у фільтраті  $C_k$  стануть однаковими ( $C_k = C_0 = 1 \text{ кг/м}^3$ ). Після появи на виході шару фільтрату з концентрацією  $C_k$ , яка рівна заданій кінцевій концентрації міді в очищеному розчині, шар вважається вичерпаним за сорбційною ємністю. Отримані криві адсорбції в нерухомому шарі для двох значень швидкості фільтрації потоку в шарі:  $V_1 = 1,13 \times 10^{-3} \text{ м/с}$  та  $V_2 = 1,5 \times 10^{-3} \text{ м/с}$  мають характерну S-подібну форму.

Досліди проводили до повного насичення мінералу в колонці. Опісля регенерували навантаження 2М розчином NaCl в статичних умовах протягом 48 годин. Далі мінерал промивали до відсутності у промивній воді іонів Cl<sup>-</sup> (якісна реакція із азотнокислим сріблом), висушували і знову проводили експеримент в напірній колонці. Тоді сорбція міді відбувалася гірше ( $E = 0,085 \text{ мг-екв/г}$ ). Можна зробити висновок, що обмін  $\text{Cu}^{2+} \rightleftharpoons \text{Na}^+$  в такому випадку проходить неповно, що підтверджує іонний, а не фізичний механізм сорбції міді із водного середовища.

Більша частина іонообмінних процесів належить до рівноважних реакцій. За умови досягнення рівноваги в системі «тверде тіло – рідина» в розчині міститься залишкова концентрація сорбату. Тому для повного вилучення забруднень необхідно застосовувати динамічний метод, тобто коли розчин постійно контактує із свіжими порціями іонообмінника. Але за умови швидкого досягнення рівноваги (або коли тривалість роботи динамічної колонки до моменту проскоку є досить низькою), доцільніше використовувати статичний метод очищення рідин.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Malovanyu, M., Palamarchuk, O., Trach, I., Petruk, H., Sakalova, H., Soloviy, Kh., Vasylynych, T., Tymchuk, I., Vronska, N. (2020). Adsorption Extraction of Chromium Ions (III) with the Help of Bentonite Clays. *Journal of Ecological Engineering*. 21(7). 178–185.
2. Запольський А.К., Астрелін І.М. та ін. 2000. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / За заг ред. Запольського А.К. Київ: Лібра. 552 с.
3. Дудник С.В., Євтушенко М.Ю. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування [Монографія]. К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру. 2013. 297 с.
4. Malovanyu, M., Odnorih, Z., Tymchuk, I., Dziurakh, Y., Lutek, W. (2022). Investigation of clinoptylolite ion exchange capacity relative to copper and zinc ions in conditions of ideal intermixing mode. *Key Engineering Materials, Materials and Technologies for Sustainable Production*. 925. 151–158.

## ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ: ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ НЕБЕЗПЕКИ

*Неменуца С.М., к.с.-г.н.,  
Лисюк В.М., к.т.н., доцент*

*Одеський національний технологічний університет*

В процесі будь-якої професійної діяльності діють певні правила взаємодії компонентів праці у системі «людина-техніка-середовище». Порушення цих правил призводить до виникнення ризиків для життя і здоров'я людини. Два роки неоголошеної війни в Україні безпосередньо не пов'язані з виробництвом і роботою працівників, але її наслідки впливають не тільки на працездатність і продуктивність людини, але і на сферу праці в цілому. Дія війни на безпеку праці наочно проглядається через статистику виробничого травматизму.

Так, організаційні та психофізіологічні чинники (порушення вимог інструкцій з охорони праці, невиконання посадових обов'язків, особиста необережність працівників) склали 2/3 серед причин нещасних випадків на виробництві у 2022 році [1].

Відповідно до ISO 45003:2021 [2] психосоціальні ризики – це будь-які ризики, пов'язані з небезпеками, що виникають у процесі організації роботи внаслідок соціальних факторів та аспектів робочого середовища й можуть завдати психологічної, соціальної чи фізичної шкоди. Психосоціальні ризики включають такі аспекти, як стрес на робочому місці, перевантаженість, конфлікти, насильство на роботі та інші фактори, які можуть впливати на психічне та фізичне здоров'я працівників [3].

Найбільш небезпечним чинником психічного здоров'я видається стрес.

Враховуючи реалії сьогодення, проблема стресостійкості працівника має величезне практичне значення. Адже стресостійкість оберігає людину від дезінтеграції та різноманітних розладів, допомагає сформувати внутрішню гармонію, психічне здоров'я та високу працездатність. Стійкість до стресів забезпечує потенцію реалізації фізичних і духовних можливостей. А отже у працівника формується спрямованість до повноцінного життя, психічного та фізичного здоров'я. За даними науковців [4–6] навіть в найтяжчих екстремальних умовах близько 25 % людей зберігають самоконтроль, правильно оцінюють ситуацію, діють чітко і рішуче, відповідно до обставин, але не у всіх сформовані такі властивості. Особливості перебігу стресового стану залежать від властивостей діючого на організм екстремального чинника - його сили, тривалості і біологічного значення та індивідуально-психологічних особливостей людини, тобто від того, наскільки все це загрожує функціонуванню системи чи існуванню організму. Вказується на особливу небезпеку комбінації стресових чинників. Тому відзначено велике значення початкового стану організму людини та його здатності пристосовуватися та протистояти стресовим факторам [4–6].

Наявність хронічного стресу на робочому місці сприяє появі та розвитку так званого синдрому вигорання. Визначити, коли точно починається цей синдром, іноді важко, так як може з'являтися непомітно. Ключовими факторами емоційного вигорання в широкому значенні цього поняття виступають психологічні: страх невідомості, зміна звичного укладу життя, збільшення навантаження. На сьогодні цей синдром визначається головним чином як пов'язаний із роботою. Тому важливо вчасно розпізнати початкові стадії синдрому професійного вигорання, щоб швидше вжити необхідні заходи щодо запобігання його подальшому розвитку.



Безперечно, що повномасштабна війна, яку розв'язала російська федерація проти України, є причиною довготривалого стресу. Серед чинників, що викликають його появу є [7]: умови праці, ставлення керівництва, стосунки в колективі, рівень матеріальної чи моральної мотивації, хвилювання за безпеку рідних тощо.

В умовах війни довготривалий стрес може також бути результатом страху перед обстрілами та руйнуваннями, що може призвести до загибелі та травмування працівників на робочих місцях. Тому роботодавці мусять дбати про забезпечення робітників як потрібними засобами індивідуального захисту, так і піклуватися про облаштування захисних споруд цивільного захисту. Окрім зазначеного, керівництву підприємств потрібно дбати про психічне здоров'я людей; слідкувати за настроями в трудовому колективі; встановити чіткі обов'язки і відповідальність для працюючих; мотивувати, включаючи різні заохочення. Ефективними шляхами будуть більш дбайливе ставлення до працівників та комунікації, забезпечення не тільки фізичної, але і фінансової безпеки. В нагоді також стануть штатні психологи (якщо є можливість мати таку вакансію на підприємстві) або менеджери з персоналу, які володіють знаннями з надання першої психологічної допомоги.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Науково-виробничий журнал «Охорона праці». Стан травматизму. Оперативна інформація. URL: <https://ohoronapraci.kiev.ua/cabinet/documents/view?id=2802>
2. ISO 45003:2021 «Occupational health and safety management – Psychological health and safety at work – Guidelines for managing psychosocial risks». URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45003:ed-1:v1:en>
3. З турботою про кожного. Психосоціальна підтримка на робочому місці у военний і післявоєнний час. URL: <https://pratsia.in.ua/ilo/informatsiynyy-material-dlya-lideriv-pidpryyemstv-profspilok.html>
4. Корольчук М.С. Психофізіологія діяльності. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 400 с.
5. Психологічне забезпечення психічного і фізичного здоров'я. М.С. Корольчук, В.М. Крайнюк, А.Ф. Косенко, Т.І. Кочергіна. Загальна редакція М.С. Корольчука. К.: Фірма «Інкос», 2002. 272 с.
6. Корольчук М.С., Крайнюк В.М. Соціально-психологічне забезпечення діяльності в звичайних та екстремальних умовах. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2017. 505 с. (перевидання 3-тє доповнене).
7. Мекшун Л. Вплив стрес-менеджменту на працездатність людини й управління персоналом в умовах війни. Проблеми і перспективи економіки та управління. (2 (34)). (2023). 77–87. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2023-2\(34\)-77-87](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2023-2(34)-77-87)

## ВСТАНОВЛЕННЯ ПУНКТИВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ

*Проскурнін О.А.<sup>1</sup>, д.т.н, с.н.с.,*

*Цапко Н.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Василенко С.Л.<sup>2</sup>, д.т.н.,*

*Захарченко М.І.<sup>3</sup>, к.хім.н.,*

*Дем'янова О.О.*

<sup>1</sup>НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,

<sup>2</sup>КП «Харківводоканал»,

<sup>3</sup>Національний аерокосмічний університет «ХАІ» ім. Н.Е. Жуковського,

Для потенційно небезпечних підприємств в Україні з метою підвищення рівня їх екологічної безпеки розробляються плани локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій (ПЛАС). Метою ПЛАС є планування дій персоналу підприємства, спецпідрозділів, населення, центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування щодо локалізації і ліквідації аварій та пом'якшення їх наслідків [1]. Але при тому ПЛАС не регулює порядок контролю за станом складових довкілля, які можуть постраждати у випадку аварії. Зокрема це стосується контролю за станом водного об'єкта (ВО), у якій може бути здійснене аварійне скидання хімічних речовин. З метою більш якісного контролю за стану ВО у зоні дії аварії доцільно використовувати інтегральні (у просторовому розумінні, на відміну від БСК, ХСК і т.і.) показники якості води. Але для більш адекватної інтегральної оцінки є сенс ранжувати пункти контролю (ПК) за ступенем їх значимості.

У загальному вигляді інтегральний показник визначається за формулою

$$I = \sum_{j=1}^n w_j \cdot p_j, \quad (1)$$

де  $w_j$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -го ПК;  $p_j$  – якість води за деяким показником у  $j$ -му ПК;  $n$  – кількість ПК.

Для встановлення вагових коефіцієнтів можна скористатися експертним висновком. Експертами можуть бути фахівці, які причетні до розробки ПЛАС.

Після розташування пунктів контролю вздовж ВО експертами проводиться інтуїтивно-логічний аналіз значимості кожного ПК з позиції близькості населеного пункту, питного водозабору, організованих та неорганізованих зон відпочинку, рибальства тощо, а також з позиції інтенсивності антропогенного забруднення. Оцінка може вважатися досить надійною лише за умови гарної узгодженості суджень окремих фахівців-експертів. Одним із способів оцінювання узгодженості експертних висновків є використання коефіцієнта конкордації. Суть методу полягає у наступному. Нехай є  $n$  деяких об'єктів (в даному випадку – ПК), що підлягають ранжируванню, і  $m$  експертів. Кожен  $j$ -й експерт здійснює самостійно ранжування об'єктів. В результаті утримується матриця рангів  $\{x_{ij}\}$ , де  $x_{ij} \in \{1, \dots, n\}$ . ( $i$  – індекс об'єкту.)

Для розраховуються вагові коефіцієнти шляхом опосередкування

$$Z_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}. \quad (2)$$

Після цього проводиться нормування вагових коефіцієнтів

$$w_i = \frac{Z_i}{\sum_{k=1}^n Z_k}, \quad i = 1 \div n. \quad (3)$$

Контрольною величиною під час перевірки гіпотези про узгодженість експертних суджень буде випадкова величина

$$H = m \cdot (n-1) \cdot \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (4)$$

де  $S$  – величина, яка розраховується за формулою

$$S = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m \cdot (n+1) \right)^2. \quad (5)$$

Величина  $H$ , згідно [2], розподілена за законом  $\chi^2$ .

Остаточно для об'єктивної перевірки узгодженості експертних суджень виконуються такі дії:

- розраховується емпірична величина за результатами експертизи:
- 

$$\chi_{емп}^2 = m \cdot (n-1) \cdot \frac{12}{m^2 \cdot (n^3 - n)} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m \cdot (n+1) \right)^2; \quad (6)$$

- знаходиться значення  $\chi_{кр}^2$ , що дорівнює квантилі порядку  $1-\alpha$  (де  $\alpha$  – ймовірність похибки) розподілу  $\chi^2$  зі ступенем свободи  $n-1$ ;
- порівнюються значення  $\chi_{емп}^2$  і  $\chi_{кр}^2$ ; якщо  $\chi_{емп}^2 > \chi_{кр}^2$ , то судження експертів вважаються узгодженими.

Якщо судження експертів виявляються неузгодженими, завдання призначення вагових коефіцієнтів повторно ставиться перед фахівцями-експертами.

Наведений метод ранжування ПК якості води за їх значимістю в рамках системи контролю за станом ВО під час ліквідації аварії дозволить більш адекватно оцінювати стан ВО. Запропонований метод рекомендується використовувати при розробки ПЛАС з метою підвищення рівня екологічної безпеки підприємств. ПК якості води рекомендується розташовувати поблизу меж населених пунктів, важливих місць водоспоживання та джерел інтенсивного антропогенного забруднення на ВО.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пономаренко А.В., Рашкевич Н.В. Роль інформаційного забезпечення у сфері цивільного захисту. Проблеми надзвичайних ситуацій: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 19 травня 2023 року. м. Харків, 2023. С. 196–198.

2. Pelliccia, D. The Concordance Correlation Coefficient. URL: <https://nirpyresearch.com/concordance-correlation-coefficient/> (дата звернення 23.01.2024).

## ДЕКАПЛІНГ-АНАЛІЗ ЯК КРИТЕРІЙ ЕКОЛОГО-ОРІЄНТОВАНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ

*Рейнвальд Б.С.,*

*Шилін М.О.,*

*Горносталь С.А., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Прагнення до швидкого економічного зростання, яке притаманне багатьом країнам світу та в тому числі Україні, призводить до напруження стану навколишнього середовища. Додаткове навантаження приносить демографічне зростання, внаслідок якого збільшується потреба в продуктах харчування, споживчих товарах, вироблення яких потребує багатьох ресурсів. Вчені попереджають, що збереження вказаних тенденцій в соціально-економічному розвитку призведе до подальшого загострення екологічних проблем [1]. В свою чергу це поставить під загрозу подальше економічне зростання країн.

Потужним інструментом, який дозволяє оцінити взаємозв'язок між економічним розвитком та антропогенним тиском на навколишнє середовище є концепція декаплінгу. Вона дозволяє оцінити результати управлінських рішень та зробити прогноз щодо подальшого розвитку. Взагалі поняття «декаплінгу» застосовують до процесів, які зазвичай мають кореляційну залежність, але при цьому можуть рухатися в різних напрямках.

Результати розрахунку декаплінгу слугують для розмежування темпів зростання добробуту населення та споживання ресурсів. Завдяки цьому забезпечується тривале благополуччя населення навіть при зростаючих потребах за рахунок використання досконалих технологій. Розрізняють два види декаплінгу: за ресурсними факторами та факторами впливу на довкілля. Вони взаємопов'язані, але допомагають з різних боків поглянути на вирішення проблеми щодо дефіциту та використання ресурсів. Аналіз декаплінгу за ресурсними факторами дозволяє ґрунтовно підходити до вирішення проблем дефіциту ресурсів, скорочення темпів їх виснаження та одночасно підвищення ефективності їхнього використання. Розглядаючи декаплінг за факторами впливу на довкілля, можна визначити шляхи більш дбайливого та розумного використання наявних ресурсів.

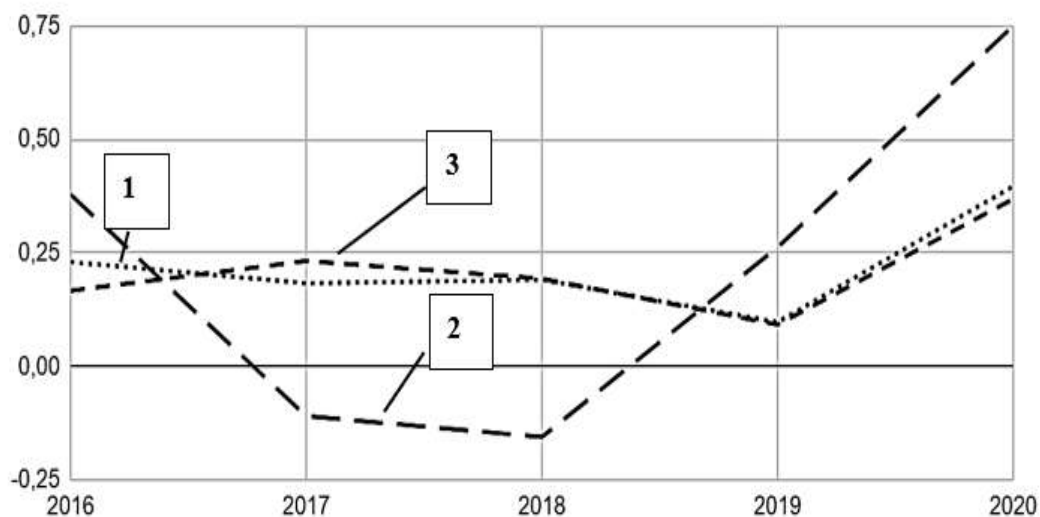
Для декаплінг-аналізу використовують показники економічного розвитку, екологічні збитки або рівень впливу на навколишнє середовище. Аналіз отриманих результатів дозволяє виявити наявні проблеми у діяльності, наприклад, окремого регіону або країни в цілому та запропонувати програми подальшого розвитку. Втілення вказаних програм у життя та контроль за їх виконанням спрямовано на еколого-економічний розвиток держави.

На прикладі Полтавської області досліджено розвиток економічної та екологічної підсистем регіону за допомогою показників декаплінгу-фактору. При аналізі враховано: якщо значення декаплінг-фактору більше нуля та відбувається його зростання, це свідчить про зниження навантаження на довкілля при економічному зростанні. Якщо значення декаплінг-фактору менше нуля та знижується в динаміці, це означає, що при економічному зростанні спостерігається підвищення тиску на довкілля.

Для відображення темпів економічного зростання використано показник валового регіонального продукту (ВРП), який традиційно вважається маркером рівня життя. Аналіз декаплінгу за факторами впливу на довкілля виконано за такими

екологічними показниками, як викиди в атмосферне повітря та утворення небезпечних відходів (токсичні, I-III класів небезпеки). Для аналізу за ресурсними факторами використано обсяг споживання свіжої води. Вихідні дані для розрахунку узяті з [2-3]. Результати розрахунку наведено на рис. 1.

Аналіз вихідних даних [2] показав, що за досліджуваний період для Полтавської області спостерігається стійке зростання ВРП. При цьому (рис. 1) воно супроводжується спочатку посиленням негативного впливу на екологічну сферу (до 2019 року) особливо за ресурсним фактором використаного обсягу споживання свіжої води. Починаючи з 2019 року спостерігається збільшення значень декаплінг-факторів, що свідчить про поступове зниження негативного впливу на навколишнє середовище.



**Рис. 1. Декаплінг для Полтавської області: 1 - викиди в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, 2 - споживання свіжої води, 3 - небезпечні відходи (токсичні, I-III класів небезпеки).**

Таким чином, можна говорити про еколого-орієнтований розвиток Полтавської області, який досягається за рахунок впровадження нових технологій, які спрямовані на зменшення споживання ресурсів. Для зниження навантаження на довкілля виробники поступово відмовляються від застарілого обладнання, проводять його модернізацію, втілюють ресурсозберігаючі технології.

Прагнення сталого розвитку в економіці вимагає від держави зменшення рівня ресурсо- та природоємності економіки. Цього можна досягти тільки за рахунок свідомого ставлення до споживання ресурсів, впровадження нових технологій. Така траєкторія руху повинна ґрунтуватися на відповідній державній політиці, яка спрямована на стимулювання та підтримку ощадливого ставлення до навколишнього середовища.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. International Resource Panel. Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth. United Nations Environment Programme. 2011. 152 p.
2. Валовий регіональний продукт. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні. [Електронний ресурс]. URL: <http://surl.li/hfgsf>

## НЕБЕЗПЕКА ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ГІДРОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ ВНАСЛІДОК ЗМІН КЛІМАТУ

*Рибалова О.В., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Зміна клімату є найсуттєвішим глобальним екологічним викликом ХХІ сторіччя, що стоїть перед людством і потребує негайного вирішення задля існування екосистем та захисту людей. Кліматичні зміни впливають на всі компоненти навколишнього природного середовища, здоров'я населення і викликають серйозні екологічні і соціально-економічні проблеми.

Екстремальні кліматичні і погодні явища, такі як спека, вітровали, град, річкові повені, посухи, штормові нагони і лісові пожежі, спричиняють несприятливі соціальні наслідки і шкоду здоров'ю населення, а також значний вплив на довкілля і численні економічні галузі.

З'являється все більше доказів того, що кліматичні зміни останніх десятиліть вже вплинули на глобальний гідрологічний цикл, наприклад, через зміни сезонного річкового стоку і збільшення інтенсивності та частоти річкових паводків і посух у деяких регіонах [1].

На європейському рівні розробляються рекомендації щодо реєстрації та обміну даними про збитки і втрати від стихійних лих, які узгоджуються з Сендайською рамковою програмою зі зменшення небезпеки стихійних лих [2].

Прогнозується, що екстремальні погодні умови стануть частішими і суворішими в багатьох регіонах світу, включаючи Європу, і включатимуть спеку і теплові хвилі, пожежі, посухи, сильні опади і повені. Очікується, що довгострокові екстремальні кліматичні явища, такі як посухи, загалом посиляться, тоді як напрямок змін для деяких короткострокових метеорологічних екстремальних явищ, таких як шторми, є невизначеним. Модельні прогнози показують, що ймовірним є збільшення кількості екстремальних гідрологічних явищ. Таке збільшення є більш вірогідним для прибережних паводків через прогнозоване підвищення рівня моря, ніж для річкових паводків [1].

Оцінки прогнозованого впливу прибережних і річкових паводків, температури та інфекційних захворювань на здоров'я населення були отримані в рамках дослідницьких проєктів ЄС, а також завдяки дослідженням агентств ЄС та ООН [3].

Кількість дуже сильних повеней в Європі зросла з 1980 року, але з великими міжрічними коливаннями. З 1980 року в Європі було зафіксовано майже 1500 повеней, з яких більше половини сталися після 2000 року. Прогнозується, що глобальне потепління призведе до інтенсифікації гідрологічного циклу і збільшення кількості та частоти повеней на значній частині території Європи [1].

Починаючи з 2000 року, великі території по всій Європі постраждали від повеней, багато з них навіть неодноразово. Ці повені призвели до загибелі понад 4700 людей і завдали прямих економічних збитків на суму понад 150 мільярдів євро, що становить майже третину збитків, спричинених усіма природними загрозами [1].

За даними українського Гідрометцентру, відмічається, що за останні 30 років спостерігається стрімке підвищення середньорічної температури повітря по всій території України на 1,2 °С. Таке стрімке зростання середньорічної температури в Україні, на жаль не супроводжується значним підвищенням кількості опадів. Їх величина залишається майже незмінною по всій території України.

Тенденції змін клімату яскраво відображаються в осінньо-зимовий період. У басейнах всіх річок України склалися дуже несприятливі гідрометеорологічні умови для формування весняного водопілля. Утримання аномальних погодних умов, нестача снігонакопичення та промерзання недостатньо зволоженого ґрунту, недобір опадів (50-70% від норми), все це впливає на живлення всієї водної структури України, може призвести до пересихання малих водотоків та не наповнення штучних водойм.

Зміна клімату призвела до підвищення температури води в річках і озерах та скорочення сезонного льодового покриву.

Підвищення температури води призведе до зменшення концентрації розчиненого кисню у воді, а це в свою чергу призводить до зниження здатності прісноводних акваторій до самоочищення, загибелі риби, розвитку інвазій і, таким чином, вплине на якість води. Йдеться про підвищені ризики забруднення води та зараження патогенними організмами, викликаних повеннями або більш високими концентраціями забруднюючих речовин в періоди посухи.

Зміна клімату на території України підвищує ризики для стану здоров'я населення, екосистем, особливо для водних та лісових ресурсів, сталого функціонування енергетичної інфраструктури та агропромислового комплексу, що може завдати і вже завдає колосальних збитків.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Рибалова О.В., Кочура А.С., Рихлик К.В. Вплив кліматичних змін на екстремальні події у водних екосистемах європейських країн. The 3rd International scientific and practical conference “Modern research in science and education” (November 9-11, 2023) BoScience Publisher, Chicago, USA. 2023. 368–377.

2. De Groeve, T., Poljansek, K., Ehrlich, D. and Corbane, C. (2014). Current status and best practices for disaster loss data recording in EU Member States, European Commission – Joint Research Centre: Institute for the Protection and the Security of the Citizen, Ispra.

3. Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer, L.M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M. and Soussana, J.-F. (2014). ‘Europe’, in: Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., et al. (eds), Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge; New York. 1 267–1 326.

## ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО МІСЦЯ ТА УМОВ ПРАЦІ ВИКЛАДАЧІВ КАФЕДРИ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

*Рогач Ю.П., к.т.н., професор,*

*Шац Н.Ю., асистент*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Необхідною умовою для успішної діяльності викладачів університету є наявність спеціально обладнаних робочих місць [1]. Завдання раціональної організації робочих місць викладачів включає в себе не тільки обладнання його усім необхідним відповідно до характеру роботи, але й раціональне розміщення, створення комфортних умов праці [2, 3]. А це підвищує ефективність управлінської праці і цим зумовлює актуальність даної проблематики дослідження [4].

Викладачі кафедри цивільної безпеки мають власний кабінет, який відокремлений від аудиторій навчального фонду. Площа кабінету становить близько кабінеті сучасні, естетично красиві, створюють комфортні умови праці. Книжкові шафи, де зберігаються документи і столи, за яким сидять викладачі, світло-коричневого кольору, що гармонує з кольором стін. Висота робочої поверхні столів знаходиться в межах 70 см, офісні крісла з сидінням, що підіймається, мають висоту 40 см від підлоги. Оформлення кабінету здійснено в сучасному стилі.

В кабінеті підтримується постійний порядок та ідеальна чистота, оскільки у викладачів завжди багато відвідувачів, тому кабінет прибирається двічі на день. Усі технічні засоби для ручних і механізованих робіт (ручки, олівці, ножиці, швидкошпівачі, лінійки тощо) знаходяться в органайзері. Це заощаджує час порівняно з традиційним збереженням засобів праці в шухляді.

Вентиляція має важливе значення для збереження у співробітників гарного фізичного стану і зменшує небезпеку поширення інфекційних захворювань. З цією метою у викладацькій встановлено кондиціонер. Температура в приміщенні підтримується в межах 18–22 °С. У викладацькій є стаціонарний телефон, який дозволяє підтримувати зв'язок з усіма структурними підрозділами університету.

Таким чином, організація робочого місця викладачів кафедри цивільної безпеки проведена на високому рівні.

Умови праці викладачів кафедри сприятливі для виконання ними усіх виробничих завдань, здійснення виконання посадових прав і обов'язків. Для більш детального ознайомлення з умовами праці розглянемо основні параметри.

Освітленість робочого приміщення. Однією з основних і особливо важливих умов праці є достатня та правильна освітленість, адже напруженість зору є одним з найважливіших чинників стомлюваності управлінських працівників. Коефіцієнт природної освітленості (КПО) викладацької становить більше 5 %. Штучне освітлення в кабінеті забезпечують люмінесцентні лампи.

Шум. Надмірний шум різко знижує працездатність людей, оскільки заважає зосередитися, спричиняє втому, а відповідно знижує продуктивність праці. Оскільки викладацька знаходиться на певній відстані від навчальних аудиторій, то рівень шуму знаходиться в межах норми і не перевищує 40 дБ.

Для раціональної організації навчального середовища розроблено паспорт робочого місця викладача, який містить такі розділи: призначення і загальні характеристики робочого місця; планування робочого місця; меблі, устаткування і технічні засоби; функціональні обов'язки; методи і прийоми праці; умови праці; регламентуюча документація; охорона праці. Правила внутрішнього розпорядку,



графіки прийому відвідувачів, години для самостійної роботи студентів розміщені на видних місцях біля викладацької.

Важливим організуючим чинником є режим праці. За організацію роботи кафедри відповідають безпосередньо завідувачі кафедри. Функціональні обов'язки завідувача кафедри і її співробітників регламентуються Положенням про кафедру цивільної безпеки [5] і посадовими інструкціями співробітників. Тривалість робочого дня для наукового, навчально-допоміжного та адміністративно-обслуговуючого персоналу – 8 годин при 5-денному робочому тижні (ст. 50 КЗпП). Для осіб, що працюють у шкідливих умовах, встановлюють скорочений робочий день відповідно до діючого законодавства України.

Тривалість робочого дня для науково-педагогічних працівників становить 36 годин на тиждень (ст. 56 ЗУ «Про вищу освіту») [6], а саме 7 год. 20 хв. при п'ятиденному робочому тижні, з 8-00 до 15.20 год.

Для окремих учасників освітньо-виховного процесу, виходячи з виробничої необхідності і розкладу занять за погодженням з керівником підрозділу, може встановлюватися інший режим робочого дня.

Для працівників кафедри тривалість робочого дня з 8.00 до 16.30 з перервою на обід з 12.00 до 12.30 год. Напередодні святкових і неробочих днів тривалість роботи скорочується на 1 год. (ст. 53 Кодексу законів про працю України). Для осіб, які працюють за сумісництвом, встановлюється індивідуальний режим роботи.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ. Відомості Верховної Ради (ВВР). 1992, №49. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
2. Рогач Ю.П., Яцух О.В., Бурич К.О. Організація робочого місця і умов праці завідувача кафедрою цивільної безпеки ТДАТУ. Матеріали XXXIX Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2018. Вип. 39. С. 271–274.
3. Головін Д.С., Яцух О.В. Проблеми охорони праці викладача університету та шляхи їх подолання. VIII Всеукр. наук.-техн. конф. магістрантів і студентів ТДАТУ. Факультет АТЕ: матеріали VIII Всеукр. наук.-техн. конф., 1–18 листопада 2020 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 122.
4. Чуб К.О., Яцух О.В. Організація роботи з охорони праці у навчальних закладах під час опалювального періоду. VII Всеукр. наук.-техн. конф. магістрантів і студентів ТДАТУ. Факультет АТЕ: матеріали VII Всеукр. наук.-техн. конф., 11–22 листопада 2019 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 68.
5. Положення про кафедру цивільної безпеки Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Мелітополь : ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2014. 6 с. URL: <https://drive.google.com/drive/folders/0Bwgc6NDs7xA1THVQamF5aXBsdzg?resourcekey=0-CrDoNVCF9W0inC40r0gckA>

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ПІСКУ НА СКЛАДАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ВАКУУМНОЇ УСТАНОВКИ

*Савін П.В.,*

*Теняєв С.В.,*

*Белюченко Д.Ю., к.т.н.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Пісок – нерудний матеріал, який дуже широко і повсюдно застосовується в будівництві [1]. Щільність піску – одна з ключових характеристик даного будівельного матеріалу, зазвичай насипна щільність піску складає 1300-1500 кг/м<sup>3</sup>. Ця величина дуже залежить від вологості – при її підвищенні об'єм піску збільшується. При розрахунку дози піску для будівельних сумішей потрібно обов'язково враховувати зміни щільності при різній вологості піску.

Спосіб зневоднення піску відстоєм (дренування) широко поширений у промисловості має низку серйозних недоліків і недостатньо досліджений. Причому дослідження, що стосуються області зневоднення піску, дренажним або стосувалося спеціальних конкретних питань, так чи інакше пов'язаних з цією проблемою, або вирішували часткові завдання, не виявляючи кількісних показників процесу зневоднення у складі піску. За існуючими нормами проектування технологічних цикл відстою складів піску ведеться без розрахункового обґрунтування часу зневоднення, а рекомендації щодо усунення основного недоліку способу відстою - великої тривалості процесу зневоднення дотепер відсутня.

Ключові фізико-хімічні властивості даного будівельного матеріалу, будуть змінюватися в залежності від ступеня густини, вологості, гранулометричного складу, та наявності в ньому домішок []. Класифікація піску за наступними ознаками наведено у таблицях 1–3.

**Таблиця 1. Класифікація пісків залежно від густини**

Клас піску	Група піску за густиною	Середня густина зерен, [г/см <sup>3</sup> ]	Насипна густина, [кг/м <sup>3</sup> ]
Щільні	Дуже важкі	понад 2,8	понад 1800
	Важкі	від 2,0 до 2,8 включно	від 1300 до 1800 включно
	Середні	від 1,2 до 2,0 включно	від 800 до 1300 включно
Пористі	Легкі	від 0,6 до 1,2 включно	від 400 до 800 включно
	Дуже легкі	менше 0,6	менше 400

**Таблиця 2. Класифікація пісків за коефіцієнт водонасичення**

Різновид піску	Коефіцієнт водонасичення $S_r$
Малого ступеня водонасичення	$0,00 \leq S_r \leq 0,50$
Середнього ступеня насичення	$0,50 \leq S_r \leq 0,80$
Насичені водою	$S_r \geq 0,80$

В даній роботі пропонується експериментальне дослідження закономірностей та складання математичної моделі процесу зневоднення зразків будівельного піску за крупністю на складах дренажних при русі води у пористому середовищі під дією вакууму до голкофільтрових елементів всмоктувальної системи, які розташовані в основі складу піску, який в подальшому буде використовуватися у будівництві, як компонент будівельних сумішей, заповнювач при виготовленні бетону та асфальтового

покриття тощо.

**Таблиця 3. Класифікація пісків за гранулометричним складом**

Різновид піску	Розмір зернин, часток $d$ , [мм]	Вміст зернових часток за масою, [%]
Гравіюватий	$> 2,00$	$> 25$
Крупний	$> 0,50$	$> 50$
Середньої крупності	$> 0,25$	$> 50$
Дрібний	$> 0,10$	$\geq 75$
Пилуватий	$> 0,10$	$< 75$

Для математичного опису процесів, що протікають під час зневоднення піску рух потоку води для розглянутого випадку фільтрації, що не встановилася, запишемо у вигляді рівняння Бусинеска у вигляді:

$$\frac{k}{m'} \frac{\partial}{\partial x} \left( H \frac{\partial H}{\partial x} \right) = \frac{\partial H}{\partial t}; \quad (1)$$

після лінеаризації якого отримуємо

$$\alpha^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial U}{\partial t} \quad (2)$$

де,  $U = \frac{H^2}{2}$  – введена на розгляд нова функція;  $\alpha^2 = \frac{k \cdot H_0}{2 \cdot m'}$  – коефіцієнт рівня провідності;  $H_0$  – первісна глибина потоку;  $k$  – коефіцієнт фільтрації піску;  $m'$  – коефіцієнт водовіддачі.

Граничні умови сформуємо наступним чином:

$$\frac{\partial U(0,t)}{\partial x} = 0; \text{ де } U(l,t) = 0, \quad (3)$$

Результати дослідження показали, що зневоднення піску різної щільності та гранулометричному складі (0–0,8; 0,1–0,25; 0,5–2,0) при початковій вологості піску для всіх фракцій з 28 % протягом 6 годин вміст вологи в піску знизився для дрібних фракцій до 23,5 % для великих фракцій до 11,5 %. Було встановлено що вологість піску практично стабілізується при видаленні гравітаційної води. Водоутримуюча здатність піску в цьому випадку дорівнює найменшій вологоємності та визначається зв'язною та капілярною вологою, величина яких залежить, головним чином, від крупності складу піску та способу укладання його частинок в масі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. What Is Sand. URL: <https://dailycivil.com/types-of-sand-used-in-construction-works-daily-civil/> (date of access: 03.03.2024)
2. Beliuchenko, D. et al. (2023). Study of Humidity During Sand Dewatering Using a Cone-Shaped Installation. Key Engineering Materials. 953. 43–51. Doi: 10.4028/p-tog6wu

## ВПЛИВ ОСАДУ, ЩО УТВОРЮЄТЬСЯ ПІСЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

*Семизук О.Р.,  
Мацак А.О., к.т.н.*

*Національний університет цивільного захисту України*

В даний момент в Україні осад, що утворюється в процесі очищення стічних вод, в основному зберігається на мулових майданчиках. Це призводить до постійного розширення площ для зберігання осаду, забруднення ґрунтів та підземних вод, а також забруднення водою при їхньому введенні.

Осади стічних вод (далі – ОСВ) є продуктом очищення стоків господарсько-побутової, промислової й сільськогосподарської діяльності, мають неприємний запах і небезпечні у санітарному відношенні, тому що містять величезну кількість бактерій (у тому числі патогенних) і збудників кишкових паразитів (яйця гельмінтів, цисти кишкових патогенних найпростіших тощо).

Якщо розглядати невеликі міста, то одним із джерел забруднення стічних вод і їх осадів є сільсько-господарські та домашні тварини. Їхні фекалії, потрапляючи в ґрунт, осіменяють його паразитами які надалі, з поверхневим стоком надходять у очисні споруди. За даними [1] у процесі очищення стічних вод від від 75 до 88 % паразитів, що вміщуються в них, переходять в осад. При цьому, концентрація їх збільшується, що робить ОСВ ще більш небезпечним в епідеміологічному відношенні. Це ж відноситься й до патогенних бактерій, що містяться у сирому осаді. Ущільнення його тільки підвищує їхню концентрацію. Тому застосування ОСВ у сільському господарстві може сприяти обсіменінню збудниками паразитів і патогенною мікрофлорою ґрунту, сільсько-господарських культур, ризику зараження населення. У таблиці 1 наведені дані [1] щодо забруднення збудниками паразитів ОСВ.

**Таблиця 1. Інтенсивність обсіменіння збудниками паразитів осадів різних видів стічних вод**

Види осадів стічних вод	Вміст в 1 м <sup>3</sup> життєздатних яєць гельмінтів (екз.)
Господарсько-побутових	1560–1810
Міських	800–1300
Тваринницьких господарств	5200–9800
Інфекційних і дитячих лікарень	2300–3800
Поверхнево-зливові	1300–2200

У результаті досліджень [2] встановлено, що осади стічних вод майданчиків забруднені бактеріями групи кишкової палички, більшість осадів заражена патогенними ентеробактеріями роду Сальмонелла, термофільними бактеріями та життєздатними яйцями гельмінтів.

У Західній Європі неодноразово [4] відзначалися випадки сальмонельозу великої рогатої худоби, що випасається на пасовищах, удобрених рідкими не знешкодженими ОСВ, особливо у разі недостатнього дотримання інтервалу часу між внесенням ОСВ і випасом тварин. Отже, перед тим як використовуватися в якості добрива, незброджені/неззаражені ОСВ повинні проходити етап попередньої детоксикації та знезараження для запобігання негативного впливу на навколишнє середовище.

**Таблиця 2. Санітарно-мікробіологічні показники осадів стічних вод (дані вітчизняних і закордонних досліджень [2][3])**

Патогенні мікроорганізми		Захворювання
Бактерії	Brucella Esherichia coli Enterobacteria spp. Faecals coliforms	Бруцельоз Кишкові інфекції --/-- --/--
	Salmonella spp. Salmonella typhi Staphylococcus coagulas Streptococcus faecalis Shigella spp. Ervinia spp.	Сальмонельоз --/-- Стафілококові інфекції Стрептококові інфекції
Найпростіші	Entamoeba histolitica(cysts)	Амебна дизентерія
Гельмінти	Ascaris lumbricoides Ascaris ova Helmintic parasites	Аскаридоз --/-- Гельмінтоз
Віруси	Corsicule virus Entericviruses Reovirus Hepatitis virus Polio virus	Гастроентерит Легкі респіраторні інфекції  Гепатит А Поліомеліт

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт про НДР «Інвентаризація мулових майданчиків очисних споруд харківської області, вивчення хімічного та бактеріологічного складу осаду, розроблення технології використання їх у якості добрива та нормативних документів з вимогами до їх використання» (до договору від 12.06.2012 р № 17/1.6) УДК 504:628.38 (477.54) № держреєстрації 0112u006069
2. Фоміна І.Г. Методологія дослідження якості відстійників стічних вод для можливого їх використання як добрив: Збірник II Міжгалузевої науково-практичної конференції молодих вчених та фахівців, 2013.
3. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т., Гвоздяк П.І., Князькова Т.В. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. К. Лібра, 2000.
4. Degrémont Water Treatment Handbook (2 Volumes set, 7<sup>th</sup>). 2007.

## ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРЯДЖАННЯ 5,45–14,5-ММ НСЗ ЗА ДОПОМОГОЮ УСТАНОВКИ ТА ПЛАСТИНЧАТОГО ТРАНСПОРТЕРА ПТ-600

*Смирнов О.М.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Наявність надлишкових і непридатних до бойового застосування боєприпасів, пов'язана з їх моральним і фізичним зносом та закінченням гарантійних термінів зберігання, приводить до постійного збільшення об'ємів утилізації боєприпасів.

Як показали події останніх років, наявність скупчень великої кількості таких боєприпасів в місцях зберігання представляють потенційну небезпеку масових вибухів та катастроф.

В Україні загострилася ситуація на об'єктах зберігання боєприпасів і вибухових речовин. Свідченням цього є вибухи на арсеналах та складах, останній пролунав: 22.02.19 року в/ч А-1358 сховища 47 арсеналу МО України в с. Цвітоха Хмельницької області.

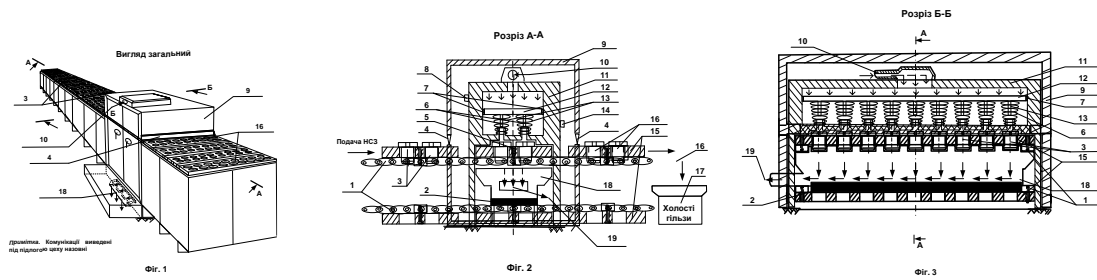
Зараз на арсеналах, базах та складах зберігаються 5,45–14,5-мм набої до стрілецької зброї (НСЗ) із закінченим гарантійний терміном зберігання, що потребують негайної утилізації.

У теперішній час утилізацію 5,45–14,5-мм НСЗ, гарантійний термін зберігання яких закінчився, здійснюють шляхом підриву або спалюванням (випалюванням) в спеціально обладнаних місцях (підривних майданчиках) з використанням відповідного обладнання із подальшим похованням відходів. Різновидом такої утилізації є випалювання НСЗ в бронепечах та спеціальних чавунних казанах або бункерах [3]. Зазначені способи утилізації та обладнання, яке використовується для цього, не забезпечують гарантованих рівнів безпеки та повного знищення вибухонебезпечних компонентів. Не є оптимальними такі процеси утилізації і з точки зору економічної доцільності, тому що призводять до безповоротних втрат цінних дефіцитних вторинних матеріалів і забруднення навколишнього середовища.

Пропоную технологію розряджання 5,45–14,5-мм НСЗ за допомогою установки механічним способом, що містить опорні дерев'яні планки, які закріплені на пластинах конвеєра ПТ-600, принаймні одну багатогніздову одноярусну касету для НСЗ, пробійник, захисний кожух та контейнер для відпрацьованих НСЗ (гільз), яка відрізняється тим, що розряджання НСЗ здійснюється автоматично, встановленим всередині обладнаного шиберами захисного кожуху, пробійником, який виконано у вигляді пластини з металевими штирями (18 од.), кількість і розміщення яких співпадає з кількістю та розміщенням НСЗ у касеті, та з можливостю зворотнопоступального руху під впливом стислого повітря і пружинного механізму, при цьому установка додатково обладнана встановленими у техноло-гічній послідовності пластинчатим транспортером ПТ-600, датчиками переміщення касети з НСЗ і пробійника, датчиком часу спрацювання пробійника та системою відведення порохових газів і уловлювання залишків від куль.

Для розряджання 5,45–14,5-мм НСЗ розроблена спеціальна установка, модель якої представлена на фіг. 1–3 (рис. 1).

Технічний результат під час використання запропонованої установки, полягає в реалізації можливості автоматизації процесу розряджання НСЗ, що забезпечить підвищення його продуктивності, техногенної та екологічної безпеки з мінімальними трудовитратами в заводських умовах з використанням штатного обладнання.



**Рис. 1. Установка для розрядження 5,45–14,5-мм НСЗ: 1 – транспортер (ПТ-600); 2 – уловлювач куль; 3 – 5,45–14,5-мм НСЗ (18 од.); 4 – шибер (2 шт.); 5 – кінцевий датчик переміщення касет; 6 – пружини; 7 – ущільнювачі; 8, 14 – датчики часу спрацювання пневмоприводу; 9 – шафа установки; 10 – отвір для подачі стислого повітря; 11 – захисний кожух; 12 – пневматичний пробійник; 13 – пластини з металевими штирями; 15 – багатогніздові одноярусні касети; 16 – розряджені НСЗ (гільзи); 17 – контейнер; 18 – система відведення порохових газів; 19 – порохові гази.**

Роботи з розрядження набоїв до стрілецької зброї, за допомогою установки обладнаній у виробничому приміщенні цеху, проводяться відповідно робочого технологічного процесу по відомості складання (ремонт, розділення, комплектації) боєприпасів (ф. 203). Згідно цієї відомості списуються 5,45–14,5-мм НСЗ, а оприбутковується металобрухт (залишки від куль та гільз).

#### **Висновки:**

1. Техногенна та екологічна безпека гарантується здійсненням прострілу НСЗ пробійником під захисним кожухом, ізоляцію якого після входу та виходу касет з набоями забезпечують шибери (вхідний та вихідний) (фіг. 2), а порохові гази, що утворюються під захисним кожухом, через систему постійно видаляються примусовою витяжною вентиляцією.

2. Використання запропонованої установки для розрядження НСЗ механічним способом дозволяє в заводських умовах із використанням штатного обладнання і мінімальними трудовитратами з максимальною продуктивністю, безпекою, екологічністю та економічною доцільністю здійснювати операції роздільної утилізації НСЗ гарантійний термін зберігання яких закінчився.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Патент № 137304 UA. МПК (2006.01). F42В 33/06. Установка для розрядження капсульних втулок артилерійських пострілів / Смирнов О.М., Толкунов І.О., Бондаренко О.О., Попов І.І.; власник: НУЦЗУ, вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, № у 201904258, заявка 22.04.2019; опубл. 10.10.2019, Бюл. № 19.

2. Патент № 146812 UA. МПК (2006.01). F42В 33/06. Технологічна лінія для розрядження капсульних втулок артилерійських пострілів / Смирнов О.М., Толкунов І.О., Іванець Г.В., Попов І.І.; власник: НУЦЗУ, вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, № у 202007408, заявка 22.11.2020; опубл. 17.03.2021, Бюл. № 11.

3. Інструкція з розрядження і знищення боєприпасів на арсеналах, базах і окружних складах. 1986. С. 25–28.

## МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА В ЛУЦЬКУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ

*Федонюк В.В.<sup>1</sup>, к.геогр.н., доцент,*

*Толстушко А.М.<sup>2</sup>,*

*Федонюк М.А.<sup>1</sup>, к.геогр.н., доцент,*

*Толстушко Н.О.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент*

<sup>1</sup>Луцький національний технічний університет,

<sup>2</sup>КУ «Волинська обласна Мала академія наук»

Метеоявищами прийнято називати видимі прояви різноманітних фізико-хімічних процесів, що протікають у земній атмосфері. Метеорологічні явища також часто визначають, як такі процеси в атмосфері, що не мають точного кількісного виразу, але можуть бути описані словами «сильний – слабкий – помірний» (на відміну від метеорологічних характеристик: температури, тиску, тощо, які мають кількісний вираз та одиниці виміру). Ряд метеоявищ відносять до СНМЯ – стихійних небезпечних метеорологічних явищ (грози, шквали, смерчі та інші), які становлять значну небезпеку для людини та її господарської діяльності.

У даному дослідженні було розглянуто та проаналізовано динаміку метеорологічних явищ різного типу в м. Луцьку протягом п'ятирічного періоду 2017–2021 рр. за даними [1], розпочато роботу над складанням віртуального атласу метеорологічних явищ, що спостерігалися у місті. Оцінка, прогнозування та вивчення динаміки стихійних небезпечних метеорологічних явищ є одним з важливих науково-практичних завдань, оскільки в останні десятиліття в Україні відмічено посилення інтенсивності та збільшення частоти виникнення СНМЯ [5, 6, 9, 10], що є одним з регіональних проявів глобальних змін клімату в регіоні.

Прийнята в системі гідрометеорологічних спостережень класифікація та визначення окремих метеорологічних явищ, за якими проводяться спостереження на мережі метеорологічних станцій України, наводиться у «Настанові з метеорологічного прогнозування», що вступила в дію з 01.01.2019 р. (відповідно до наказу Укр ГМЦ від 11.12.2018 р.). При описі та класифікації метеоявищ автори керувалися даною Наставною [4], а також рекомендаціями Осадчого В.І., Бабіченко В.М., Паламарчук Л.В., Затули В.І. та інших авторів [2, 5, 6, 11].

Динаміка метеоявищ у м. Луцьку була детально проаналізована для ХХ ст. у монографії «Клімат Луцька» [3]. У ХХІ ст. метеоявища розглядалися як один з елементів кліматичних процесів у контексті загального аналізу регіональних змін клімату Волині [11], або аналізувалися їх окремі типи – грози, сильні зливи [7, 8]. Водночас дослідження комплексних проявів метеоявищ в останні десятиліття для Луцька не проводилися, що визначає актуальність даного дослідження.

*Основні результати:* визначено особливості динаміки метеорологічних явищ у м. Луцьку за період 2017–2021 рр. (дощ, сніг, туман, імла, заметіль, поземок, гроза, смерч, пилова буря, пиловий поземок, град, ожеледь, паморозь, складні відклади, сильний вітер, шквал). Виявлено, що є зміни динаміки таких явищ, як: 1) грози: при нормі 29 гроз у досліджуваний період 2017–2021 рр. їх спостерігалось до 40; 2) тумани (при нормі 42 їх спостерігалось до 59); 3) шквали (при нормі 10 їх спостерігалось 2–3). За даними кліматичної норми, в Луцьку раніше спостерігалось до 9 днів з ожеледдю і до 15 випадків заметілі в рік. За досліджуваний період такі явища були поодинокими, 1–2 дні взимку або не спостерігалися зовсім. Ряд метеоявищ не спостерігався у Луцьку протягом проаналізованого періоду 2017–2021 рр. (смерч, складні відклади, пилова



буря, поземок), а деякі (заметіль, ожеледь, паморозь) – мали поодинокі випадки. Визначено кількість спостережених випадків для кожного явища протягом місяця та сумарне річне значення. Розраховано середнє значення для кожного показника за 5 років. Збудовано порівняльні діаграми та графіки їх динаміки. Розпочато роботу над Віртуальним Фотоатласом «Метеоявища нашого Луцька» (<https://cutt.ly/3wGm3awd>), в якому на даний час міститься понад 60 авторських фото та коротких відео окремих цікавих метеорологічних явищ.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Архів погоди Волинського обласного центру з гідрометеорології (матеріали метеостанції Луцьк, 2017–2021 рр.).
2. Затула В.І. Оптичні явища в атмосфері. К.: Прінт-сервіс, 2016. 211 с.
3. Клімат Луцька / [Под ред. В.Н. Бабиченко, Ф.В. Зузука]. Л.: Гідрометеоиздат, 1988. 180 с.
4. Настанова з метеорологічного прогнозування. Український гідрометеорологічний центр. Київ: 2019. 35 с. URL: [https://www.meteo.gov.ua/f/pro\\_nas/normativni\\_akt/Nastanova%20z%20meteooprognozuvannia.pdf](https://www.meteo.gov.ua/f/pro_nas/normativni_akt/Nastanova%20z%20meteooprognozuvannia.pdf)
5. Осадчий В.І., Бабиченко В.М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні. Український географічний журнал. 2012. № 4. С. 8–14. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ\\_2012\\_4\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/UGJ_2012_4_4)
6. Паламарчук А.Г., Шутяк І.А. Вплив небезпечних метеорологічних явищ на життєдіяльність людей. Modern and global methods of the development of scientific thought. The 5th International scientific and practical conference. October 25–28, 2022. Florence, Italy. International Science Group. 2022. P. 153–161.
7. Федонюк В.В., Гусар О.Н., Федонюк М.А. Динаміка хмарності в межах Волинської області в період 2010–2021 рр. Український журнал природничих наук. Житомир: № 4, 2023. С. 86–95. URL: <https://journals.univ.zhitomir.ua/index.php/ujns/article/view/40>
8. Федонюк В.В., Федонюк М.А., Павлусь А.М. Дослідження грозової діяльності на Волині та в Україні за даними онлайн-ресурсу Blitzzortung. Український гідрометеорологічний журнал. Вип. 28. 2021. С. 16–28. URL: <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02>
9. Федонюк М.А. До питання удосконалення системи державного екологічного моніторингу стану атмосферного повітря. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2013. № 2. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=541>
10. Федорчук-Мороз В. І., Вісин О.О. Підвищення рівня безпеки населення та території при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру у Волинській області. Перспективні технології та прилади. Луцьк, 2018. Вип. 13. С. 150–155.
11. Fedoniuk, M.A., Fedoniuk, V.V., Ivantsiv, V.V. (2019). Possibilities for improvement of environmental monitoring of precipitation in the city (a case of Lutsk). Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія». Вип. 50. С. 210–219. [Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»]. URL: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-16>

## ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ СУБ'ЄКТИВНОСТІ ДО СПРИЙНЯТТЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ

*Цимбал Б.М., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України,  
ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка»»*

У всіх нас є природна здатність оцінювати ризики. Це єдиний спосіб залишатися живим та неушкодженим. Але інстинкт самозбереження з часом згасає. Прикладом цього є світлина «Обід на хмарочосі» – «Нью-йоркські робітники які обідають на поперечній балці») – відома світлина, що була зроблена у 1932 році Чарльзом Клайдом Ебетсом під час будівництва «Ар-Сі-Ей-Білдінг» (в 1986 році перейменованого в «Дженерал Електрик Білдінг»), в Рокфеллерівському центрі. На світлинці зафіксовано обід 11 робітників, які сидять на балці звісивши ноги у пустку – під час будівництва хмарочосу на рівні 69 поверху (тобто на висоті понад 200 метрів) [1].

Що впливає на суб'єктивне сприйняття ризику:

- знання та розуміння джерела небезпеки,
- вид та тяжкість можливої травми,
- знання та розуміння того, як люди можуть постраждати,
- попередній досвід,
- особистий погляд на речі,
- загальна культура виробничих відносин.

Компенсація ризику або Ефект Пельцмана – це тенденція до більшого ризику в міру зростання відчуття безпеки [2]. Як сприйняття безпеки збільшує ризик представлено на рис. 1. В даному випадку шолом надає мотоциклісту відчуття впевненості під час їзди на великій швидкості та збільшені її до максимального значення. При цьому рівень ризику зростає, а інстинкт самозбереження та страх перед небезпекою згасає.



**Рис. 1. Їзда на мотоциклі з шоломом, який надає відчуття впевненості під час їзди на великій швидкості.**

Для зниження суб'єктивності при оцінці ризиків та підвищення ефективності використовуються методологічні прийоми:

1. Застосування матриць оцінки ризиків.
2. Проведення оцінки у складі групи.
3. Використання спеціальних методів оцінки ризиків.

Для зниження суб'єктивності необхідно використовувати спеціальні методи оцінки професійних ризиків:

1. Якісні методи для визначення рівня професійних ризиків, які ґрунтуються на думці учасників оцінки (експертів) [3]. При цьому використовується матриця оцінки ризиків, що містить критерії тяжкості та ймовірності.

2. Кількісні методи для визначення рівня професійних ризиків, які ґрунтуються на статистичних даних та обчисленнях з урахуванням думки експертів. Результатом оцінки є математично певна ймовірність конкретних сценаріїв професійних ризиків.

Класифікація по типу методів оцінки професійних ризиків наведена в табл. 1 [4].

**Таблиця 1. Методи оцінки професійних ризиків**

Назва	Тип	Назва	Тип
HAZID (ХАЗІД)	Якісний	EIA (І-АЙ-ЕЙ)	Якісний з елементами кількісного
ENVID (ЕНВІД)	Якісний	HAZOP (ХАЗОП)	Якісний
Bow-Tie (БОУ-ТАЙ)	Якісний	QRA (КБЮ-АР-ЕЙ)	Кількісний
JSA (ІБР)	Якісний	SIL (СИЛ)	Поєднання елементів якісного та кількісного

Знизити суб'єктивність дозволяє матриця оцінки професійних ризиків [3]. Єдині критерії тяжкості наслідків та ймовірності, що використовуються у матриці, дозволяють мінімізувати суб'єктивність оцінки рівня професійних ризиків та привести її до єдиного знаменника у всіх підрозділах підприємства, установи чи організації. Ці критерії є предметом узгодження на найвищому рівні керівництва підприємства, установи чи організації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Обід на хмарочосі. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%96%D0%B4\\_%D0%BD%D0%B0\\_%D1%85%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BE%D1%81%D1%96](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%96%D0%B4_%D0%BD%D0%B0_%D1%85%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BE%D1%81%D1%96) (дата звернення: 03.03.2024).

2. Перелік когнітивних упереджень. Стаття-список у проєкті Вікімедіа. URL: [https://www.wikiwand.com/uk/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA\\_%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85\\_%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D1%8C](https://www.wikiwand.com/uk/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%BA_%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D1%85_%D1%83%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D1%8C) (дата звернення 03.02.2024).

3. 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.

4. Березуцький В.В., Адаменко М.І. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/ В.В. Березуцький, М.І. Адаменко. Харків: ФОП Панов А. М., 2016. 385 с.

## НЕБЕЗПЕЧНІ ЧИННИКИ КОРПОРАТИВНОЇ КУЛЬТУРИ ОРГАНІЗАЦІЙ ЯК ФАКТОРИ ОЦІНКИ ПСИХОСОЦІАЛЬНИХ РИЗИКІВ

*Чеберячко С.І.<sup>1</sup>, д.т.н., професор,  
Шароватова О.П.<sup>2</sup>, к.пед.н., доцент*

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України

Поява міжнародного стандарту ISO 45003:2021 «Управління охороною здоров'я та безпекою праці. Психологічне здоров'я та безпека на виробництві. Наставови з керування психосоціальними ризиками» свідчить про системну діяльність фахівців щодо контролю і усунення психофізіологічних факторів, що є одними з основних причин нещасних випадків на виробництві.

У даному документі всі стресори поділяють на групи: соціальні фактори, аспекти робочого середовища, вплив виробничого обладнання, виконання небезпечних завдань. Стресогенні чинники, незадовільний стан здоров'я, складний психологічний клімат в колективі, особиста необережність, перевантаження тощо є психосоціальними небезпеками, що виникають у процесі організації робіт [1]. Разом з тим, з усіх психосоціальних небезпечних чинників найбільш розповсюдженими виявляються насилля на роботі, знуцання (мобінг), дискримінація та сексизм, що разом складають чверть від сукупної дії всіх загроз.

Дискримінація негативно впливає на людину, призводячи до низької самооцінки, самосегрегації, внутрішнього пригнічення, нереалізації власного потенціалу, проблем зі здоров'ям, депресії. До наслідків мобінгу віднесені посилення страхів, а також мігрені, застуди, порушення концентрації уваги, безсоння, порушення кровообігу тощо. Негативними наслідками сексизму бувають психічні розлади, посттравматичний стресовий розлад, збільшення вживання алкоголю, паління тощо. Загалом усі згадані негативні явища збільшують професійний ризик розвитку серцево-судинних, онкологічних захворювань, суїцидальних проявів і зрештою впливають на якість життя, продуктивність, добробут [2].

Зважаючи на значні негативні наслідки прояву зазначених явищ, необхідним є створення дієвого механізму керування психосоціальними ризиками. Враховуючи, що процес керування психосоціальними ризиками базується на методі системного аналізу, що дозволяє визначати структурні взаємозв'язки між різними змінними елементами, відповідно до вимог ISO 45003:2021, науковцями [2] пропонується базова модель «краватка-метелик» (рис. 1).

За допомогою такої моделі можна визначати прояв небезпечної події та її наслідків з урахуванням усіх сфер, що можуть вплинути на психологічне здоров'я працівника, включаючи неефективне спілкування, надмірний тиск, неефективне керівництво та організаційну культуру, за допомогою розробки відповідних форм щодо оцінки ризиків [3]. В основу моделі покладено причинно-наслідкові зв'язки між безпекою (стресом), небезпечною подією (переживання стресу) та наслідками (захворювання, погіршення здоров'я). Крім того, авторами моделі [2] рекомендується розглядати шість груп небезпечних чинників, що збільшують ймовірність і тяжкість наслідків переживання стресу працівником, а саме: організація роботи, соціальні чинники, чинники робочого середовища, чинники інфраструктури, чинники небезпечних завдань і дискримінаційні чинники.



Рис. 1. Модель керування психосоціальними ризиками з урахуванням груп небезпечних психосоціальних чинників.

Тож, зрозуміло, що результатом роботи в трудовому колективі, сповненому психологічного чи сексуального насильства, стають психологічні або фізичні захворювання. Нерідкими є випадки самогубств працівників після цькування чи сексуального домагання.

Для зменшення негативних проявів мобінгу, дискримінації та насильства дієвою стає побудова чесних відносин роботодавця з працівниками на основі відкритості та довіри. Для цього запроваджуються постійні зустрічі, де або обговорюють проблеми і ризики, або намагаються почути співробітників, вести з ними діалог, мінімізуючи дистанцію для налагодження комунікацій. Ефективним стає і піклування про працівника, про його добробут.

Таким чином, створення загальної мети, що є елементом об'єднання всіх співробітників в одну команду, неприпустимість замовчування ментальних проблем дозволяє досягти високої працездатності і професійної ефективності [2].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лопушинський І.П. Ковнір О.І. Механізми запобігання й боротьби із сексизмом: Європейський досвід і вітчизняні законодавчі перспективи. Публічне управління та митне адміністрування. 2021. 1(28). С. 42–47. URL: <https://doi.org/10.32836/2310-9653-2021-1.6>

2. Tsopa, V., Cheberyachko, S., Yavorska, O., Deryugin, O., Sokurenko, S., Sharovatova, O. (2023). Improving the psychosocial risks management process taking into account the influence of dangerous factors: discrimination, mobing and sexism, Social Development and Security. 13. 6. 133–149. Doi: <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.6.12>

3. Цопа В. Форми карт керування ризиками небезпек у СУОЗіБП з урахуванням небезпечних чинників. Охорона праці. 2022. № 9. С. 30–36. URL: <https://ohoronapraci.kiev.ua/journal/ohorona-praci-92022?lang=#page=2>

## ГЕНДЕРНА СКЛАДОВА РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА В КОНТЕКСТІ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЙОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ

*Шароватова О.П., к.пед.н., доцент,*

*Морозов А.І., к.т.н., доцент*

*Національний університет цивільного захисту України*

Вирішення проблем подальшого забруднення навколишнього середовища - повітря, природних вод, ґрунту - для України залишається гостро актуальним [1].

За даними ВООЗ, забруднення повітря є одним з основних факторів ризику для здоров'я, пов'язаних із навколишнім середовищем, як у тривалій, так і у короткостроковій перспективі. Основними джерелами забруднення є транспорт, побутові та промислові відходи. Неefективне поводження з відходами спричиняє розширення звалищ. Більша частина відходів і забруднень в Україні утворюється в містах. Основними забруднювачами ґрунтів стають метали та їх сполуки, радіоактивні елементи, а також добрива і пестициди.

Тож, забруднення повітря негативно впливає як на чоловіків, так і на жінок, знижуючи якість та тривалість життя. У той же час забруднене повітря має непропорційний негативний ефект на жінок та дівчат. Мікрочастинки, які потрапляють у повітря через вихлопні гази, в результаті горіння сухої трави або твердого палива для обігріву можуть викликати передчасні пологи. На додачу, різні види смогу негативно впливають на врожай, що у свою чергу провокує підвищення цін. Ураховуючи той факт, що жінки заробляють менше за чоловіків, будь-яке підвищення цін рухає до харчової незабезпеченості господарства, очолювані жінками, швидше за ті, які очолюють чоловіки [2].

Основним чинником антропогенного навантаження на поверхневі водні ресурси є все ще значні обсяги як споживання води в економічній діяльності, так і скидів забруднених вод, унаслідок чого знижуються санітарно-гігієнічні показники якості води, що погіршує якість сільськогосподарських продуктів харчування, а відтак є небезпечним для здоров'я.

Нестача чистої води ускладнює життя людей, особливо жінок у сільській місцевості. Жінки є основними виробниками сільськогосподарської продукції. Через нерівний розподіл домашніх обов'язків, проблеми з доступом до води також збільшують кількість зусиль та часу, які жінки витрачають на репродуктивну працю. Це у свою чергу зменшує їх можливості навчатися, розвиватися та займатися продуктивними видами праці. Отже, погіршення доступу до чистої води має негативний вплив на економічні можливості жінок, особливо тих, які проживають у сільській місцевості. Відтак, нестача життєво необхідних ресурсів означає погіршення рівня життя, призводить до фінансових втрат, чинить негативний вплив на фізичне та психологічне здоров'я.

Державою вживаються певні заходи щодо зменшення шкідливих промислових викидів у навколишнє природне середовище, але цього поки що недостатньо. Кожна людина повинна сама піклуватися про довкілля і своє здоров'я. Україна на найвищому політичному рівні вже досьдалася до Європейської «зеленої» угоди та синхронізує свої політики з її цілями. Серед них і створення нових лісів як потужний засіб боротьби зі зміною клімату та запобігання деградації ґрунтів, забрудненню та обміліттю рік, опустелюванню, сприяння збереженню біорізноманіття.

Жінки в Україні беруть активну участь у боротьбі за збереження навколишнього середовища. Зокрема, серед найперспективніших проєктів за участю

жінок є проекти з розвитку навколишнього середовища, створення зручної прозорої системи збору сортування та продовження життєвого циклу предметів одягу, взуття та аксесуарів з метою вирішення проблеми накопичення текстильного сміття; розвитку екохабів. Тривають проекти з популяризації сортування відходів, відповідального споживання та життя у стилі zero waste (нуль відходів). Реалізуються проекти та є конкретні досягнення в галузі збереження біорізноманіття, висадки лісів, парків і скверів, вирішення проблем безпритульних тварин тощо [3].

Усе вищезазначене знаходить своє віддзеркалення при підготовці в Національному університеті цивільного захисту України майбутніх фахівців у межах реалізації освітньо-професійних програм різних спеціальностей із формуванням у них відповідних компетентностей, які є основою освітнього компонента «Гендерні основи безпеки та професійної діяльності».

Пропонована для вивчення тематика, поряд із питаннями особливостей гендерної рівності, гендерних аспектів безпеки професійної діяльності, насилля в сім'ї і на робочому місці, інтегрування рівних прав та можливостей жінок і чоловіків у сектор безпеки і оборони України, розкриває і гендерний паритет у сфері охорони навколишнього середовища, що деталізується через такі проблемні питання, як: гендер і довкілля; гендер-екологія-здоров'я; гендерна перспектива сфери захисту довкілля в Україні; гендерні аспекти екологічного активізму тощо. Будучи закладом вищої освіти з особливими умовами навчання, НУЦЗ України створює та поширює знання у природничій, технічній і гуманітарній наукових сферах, пов'язаних із цивільним захистом населення і територій України [4].

Отже, дослідження відмінностей впливу проблем навколишнього середовища на жінок та чоловіків набуває дедалі більшого значення через зміни в підходах до економічної діяльності, зміни соціальних стандартів і цінностей, урбанізацію на глобальному та місцевому рівнях. Однією з ключових складових зменшення негативного впливу забрудненого довкілля є гендерна рівність і справедливий підхід під час реалізації політик і заходів у цій сфері. Оцінка гендерного впливу відіграє вирішальну роль у розумінні того, як політика та законодавство щодо кліматичних змін, охорони довкілля та енергетики впливають на жінок і чоловіків, хлопців і дівчат; та чи є справедливим розподіл коштів для мінімізації негативного впливу. Досліджуючи гендерну складову сталого розвитку, можна уявити майбутнє, яке матиме людство, і досягти відчутних змін у житті людей в усьому світі, дбаючи при цьому про навколишнє середовище.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Колодій М. Гендерний підхід та довкілля: практичний посібник / М. Колодій [за заг. ред. О. Кравченко]. Львів: «Манускрипт», 2021. 72 с.
2. Кошовська Н., Ліушан М. Гендерна перспектива сфери захисту довкілля в Україні / Український центр економічних та політичних досліджень ім. О. Разумкова. К., 2022. 44 с.
3. Жінки, які створюють нове завтра. URL: <https://www.yves-rocher.ua/actbeautiful/women-who-create-new-tomorrow>.
4. Шароватова О.П., Морозов А.І. Гендерні основи безпеки та професійної діяльності в контексті підготовки майбутніх фахівців-екологів. Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2023. С. 438–439.

## ПРИРОДООРІЄНТОВАНІ РІШЕННЯ В УКРАЇНІ – АСПЕКТ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

*Шумигай І.В., к.с.-г.н., ст. дослідник,*

*Коніщук В.В., д.б.н., професор*

*Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ*

Людство з часом стало самотужки створювати глобальні загрози, а з недавніх пір і усвідомлювати їх. Одна з таких загроз, швидка зміна клімату або глобальне потепління, згідно з визначенням ООН, стає головною проблемою нинішнього століття.

Згідно з доповіддю Міжурядової групи експертів зі зміни клімату наукові дослідження свідчать, що зміна клімату в результаті антропогенного впливу з кінця ХІХ ст. лише приблизно на третину пов'язана з природними змінами, а на дві третини зумовлена діяльністю людини, зокрема збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері [1].

Більшість країн, зокрема Україна зобов'язалися проводити політику та заходи, спрямовані на боротьбу зі зміною клімату, враховуючи реальні соціально-економічні умови країни, охоплювати всі джерела і поглиначі парникових газів, а також відповідні сектори економіки. Однак, наразі зусилля щодо запобігання глобального потепління не приніс бажаного результату. Так, за даними ООН, замість обмеження глобального потепління на рівні до 1,5 °С у рамках Паризької угоди (2015 р.), нині світ перебуває на шляху до потепління на рівні 3,2 °С до 2100 р. До того ж, викиди парникових газів зростають, оскільки двадцяти найбільшим країнам світу, що здійснюють близько 78 % світових викидів парникових газів, наразі значною мірою не вдалося здійснити необхідні трансформаційні зміни.

Серед 181 країн Україна посіла 47 місце у рейтингу вразливості до зміни клімату та 96 місце у готовності до впровадження заходів з адаптації. Ці показники засвідчують про те, що Україна має хороший потенціал адаптуватися до зміни клімату [2].

На сьогодні відомо, що адаптуватися можна за допомогою технічних рішень: наприклад, будувати морські стіни для захисту територій від затоплення, розвивати енергоефективність будівель, фарбувати вуличні поверхні у світлі кольори, щоб зменшити їх нагрівання. У деяких сферах, таких як енергетика, промисловість, транспорт, можливе використання тільки технічних рішень з адаптації.

Важливим аспектом також існують природоорієнтовані рішення (ПОР), які допомагають боротися зі зміною клімату за допомогою захисту, сталого управління і відновлення природних екосистем. Це, наприклад, створення лісосмуг, відновлення боліт чи річок, озеленення міст, збирання дощової води, чергування культур у сільському господарстві. У таких сферах, як сільське та лісове господарство, водні ресурси, здоров'я населення, берегові зони пріоритет має надаватися саме ПОР [2].

Адаптація до зміни клімату не буде ефективною, якщо паралельно не будуть впроваджуватися заходи зі скорочення викидів парникових газів, що пом'якшить наслідки зміни клімату. ПОР грають важливу роль і в цьому аспекті, оскільки допомагають екосистемам поглинати та утримувати CO<sub>2</sub> у рослинах та ґрунтах.

Уникнення вирубки лісів та їх відновлення може забезпечити до третини необхідних зусиль для скорочення світових викидів парникових газів, необхідного для втримання підвищення середньої глобальної температури в межах 1,5–2 °С.



За даними Всесвітньої комісії з адаптації, можна виділити такі види переваг від ПОР: економічні – зменшення втрат від стихійних лих, соціальні та екологічні. Прикладами соціальних та екологічних переваг ПОР є покращення якості повітря та родючості ґрунту, збільшення біорізноманіття. А з точки зору економіки ПОР зазвичай є дешевшим рішенням ніж технічні рішення.

Деякі переваги можуть бути більш довгострокові або не помітні одразу. Якщо говорити про зелені зони, то перша вигода, яка одразу приходить в голову – це прохолода та створення затінку під час спеки. У містах це особливо актуально, оскільки за рахунок щільної забудови та штучних поверхонь спека влітку відчувається особливо сильно. Однак, зелені зони мають багато інших переваг, зокрема зменшують забруднення повітря. Останні роки Україна входить у п'ятірку Європейських міст із найбільшою кількістю смертей від забрудненого повітря. Менш помітною, але важливою перевагою зелених зон є збільшення туристичної привабливості населеного пункту, розвиток біорізноманіття, покращення фізичного та психічного здоров'я людей. Німецькі дослідники підтвердили зв'язок між наявністю дерев біля будинків та психічним здоров'ям. Також вони з'ясували, що під час пандемії COVID-19, люди, які бачили дерева та зелені зони за своїм вікном, повідомляли про нижчий рівень тривоги та депресії [3, 4].

Для України підняття рівня моря теж є серйозним наслідком зміни клімату. Згідно з дослідженням «Вода Близько», 800 тис. га на півдні України (без урахування водойм) знаходяться в потенційній зоні затоплення до кінця століття. Місцева влада вже зараз повинна враховувати імовірне підняття рівня моря та планувати заходи з адаптації до зміни клімату.

В Україні вже існують локальні проекти з використання ПОР для адаптації до зміни клімату. Наприклад, ГО «Плато» впроваджують невеликі ПОР у Львові. Так, у 2022 р. вони створили дощовий сад, щоб зменшити затоплення підвалів будинку та охолоджувати площу. А минулого року – зони із різнотрав'ям та розвивали міське городництво. Загалом, ці маленькі кроки допомагають Львову адаптуватися до зміни клімату.

Щодо Одеської обл., у них є приклад проекту з відновлення річки Ягорлик. Його мета — покращити якість води в річці, відновити біорізноманіття та зберегти екосистему річки. А в майбутньому проект має допомогти соціально-економічному розвитку місцевих громад завдяки поступовому відновленню луків, сіножатей і пасовищ та сприятиме розвитку туризму.

За підтримки Фонда Зуккова відбувається розробка стратегії екосистемної адаптації в трьох українських біосферних резерватах: Шацькому, Деснянському та Розточчя. В останніх впроваджуються пілотні проекти ПОР. Наприклад, на Волині на території Шацького національного природного парку висадили липи, клени, каштани, лісові груші та лікарські рослини для того, щоб попередити пожежі, поширення шкідників. Це допоможе адаптуватися до зміни клімату та сприятиме розвитку бджільництва.

На початку березня 2023 р. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України презентувало проект Стратегії з екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату. У ній визначено, що адаптація до зміни клімату має відбуватися на основі екосистемних та природоорієнтованих рішень. Однак наразі коштів на заходи з адаптації Україна ще не було виділено [3, 4].

Змінюючи клімат, людина повинна дати для себе відповіді на запитання, чи зможе вона адаптуватися до таких змін, чи зможе звично займатися сільським господарством на своїх територіях, перенести зміну погодних умов тощо. Тому людина повинна змінити своє ставлення до наслідків своїх дій та перестати сприймати

свої дії як такі, що мають локальний вплив в межах лише певної країни, але усвідомлюють їх планетарний, глобальний масштаб.

Для формування національної політики з пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до неї в Україні проводяться комплексні дослідження, направлені на визначення позитивних і негативних наслідків глобального потепління. Ці дослідження стосуються різних сфер господарської діяльності та природного середовища як в цілому для країни, так і в регіональному аспекті. Крім того, українські вчені та фахівці також працюють над проблемою зміни клімату, здійснюються постійні гідрометеорологічні спостереження за станом погоди в Україні, інформація яких надається до мережі Всесвітньої Метеорологічної Організації.

Спираючись на викладене вище, бажано звернути увагу, що хоча певні кроки в адаптації до зміни клімату та впровадженні ПОР уже відбуваються, але поки що цього не достатньо. Необхідно й далі створювати секторальні та місцеві стратегії з адаптації до зміни клімату. У національному та місцевих бюджетах варто виділяти кошти на попередження стихійних лих і проведення досліджень щодо вразливості громад до зміни клімату.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Звіти міжурядової групи експертів ООН зі зміни клімату. URL: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml#1](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1)
2. Клімат майбутнього без загрози для життя. URL: [http://www.climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2010/11/pos\\_kankun101118.pdf](http://www.climategroup.org.ua/wp-content/uploads/2010/11/pos_kankun101118.pdf)
3. Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / за ред. С.П. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. 110 с.
4. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект (аналітична доповідь) / за ред. В.Р. Сіденка та О.О. Веклич. Київ: Заповіт, 2016. 208 с.

## ТНС-ІНДЕКС ЯК ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ПРАЦІ

**Яцух О.В., к.с.-г.н., доцент**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Приблизно одна третина населення світу часто піддається впливу невідповідних кліматичних умов [1]. Особливо спека загрожує здоров'ю людей на робочих місцях [2]. Термічний вплив викликає важкі захворювання [3] на додаток до більш легких розладів, таких як спека, теплові судоми, теплове виснаження та тепловий синкопе. Тепловий стрес може бути пов'язаний зі смертельними наслідками, якщо він тривалий [4].

Для оцінки поєднаного впливу параметрів мікроклімату з метою здійснення заходів щодо захисту працюючих від можливого перегрівання рекомендується використовувати інтегральний показник теплового навантаження середовища (ТНС-індекс), величини якого наведені в табл. 1 [5].

**Таблиця 1. Рекомендовані величини ТНС-індексу для профілактики перегрівання організму**

Категорія робіт	Загальні енерговитрати, Вт	Класи умов праці						
		оптимальний	допустимий	шкідливий				небезпечний
		1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
1а	до 139	21,0–23,4	23,2–24,6	26,5–26,6	26,7–27,4	27,5–28,6	28,7–31,0	> 31,0
1б	140–174	20,2–22,8	22,9–25,8	25,9–26,1	26,2–26,9	27,0–27,9	28,0–30,3	> 30,3
2а	175–232	19,2–21,9	22,0–25,1	25,2–25,5	25,6–26,3	26,3–27,3	27,4–29,9	> 29,9
2б	233–290	18,2–20,9	21,0–23,9	24,0–24,2	24,3–25,0	25,1–26,4	26,5–29,1	> 29,1
3	> 290	17,0–18,9	19,0–21,8	21,9–22,2	22,3–23,4	23,5–25,7	25,8–27,9	> 27,9

Перші спроби вироблення єдиного індексу для характеристики середовища обмежувалися мінімальними моделями теплообміну. Якщо обмежитися тільки конвективним і променистим каналами теплообміну, в рамках деяких додаткових припущень отримаємо температуру, що відчувається, близьку до температури, що вимірюється термометром всередині сфери Вернона [6, 7].

Модель теплообміну можна покращити, вводячи в неї охолодний ефект випаровування поту. Ефективність такого охолодження залежить від вологості повітря. Висока вологість зменшує випаровування поту і, відповідно, ефективність охолодження цим каналом. Так як перші два канали характеризуються температурою, що відчувається, доцільно і вологість повітря враховувати за допомогою відповідної температури. Індекс WBGT це температура (в °С), що визначається як зважена сума трьох температур: повітря, змоченого та кульового термометрів. Вага, з якими ці температури входять у результуючий індекс, різні:

$$WBGT = 0,7 \cdot t_w + 0,2 \cdot t_g + 0,1 \cdot t_{cv} \quad (1)$$

Найбільшою вагою є внесок температури змоченого термометра, найменш вагомий внесок температури повітря. Температура змоченого термометра – найменш надійний параметр. Тому у формулі (1) для WBGT так само, як і у формулі ТНС-індексу (теплове навантаження середовища), вологість повітря краще враховувати безпосередньо, а не через температуру  $t_w$ . Це призводить до виразу:

$$WBGT = 0,8 \cdot t_{\alpha} + 0,2 \cdot t_g + t_1 \cdot \ln(RH), \quad (2)$$

де  $t_1 = 11,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Зіставлення формул  $THC = 0,7 \cdot t_{\alpha} + 0,3 \cdot t_g + t_1 \cdot \ln(RH)$  і (2) показує, що індекси THC і WBGT однаково змінюються зі зміною метеорологічних параметрів середовища та близькі один до одного кількісно.

Подібним чином Управління з охорони праці (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) – управління в Міністерстві праці США, яке займається питаннями охорони праці та профілактики профзахворювань, використовує ті самі вказівки, які використовуються в армії США, щоб змінити роботу осіб, які займаються фізичною працею, наприклад будівельників, робітників металургійних заводів, пожежників, співробітників правоохоронних органів тощо.

Отже, оцінка теплового середовища традиційно спрямована на робоче середовище з метою збереження здоров'я працівників.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Яцух О.В., Зоря М.В. Сучасні підходи до розрахунку професійного ризику виробництва. Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Харків : НУЦЗУ, 2023. С. 440–441.
2. Яцух О.В. Моніторинг параметрів мікроклімату як спосіб запобігання виробничому травматизму. Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 224–225.
3. Старостюк В.Є., Яцух О.В. Застосування систем моніторингу факторів мікроклімату для відстеження показників здоров'я працівників на виробництві. Безпека життєдіяльності в XXI столітті : тез. допов. XIX Всеукр. студ. наук.-практ. конф. (27-28.04.2023) / Заг. ред. А.С. Беліков. Дніпро: ПДАБА, 2023. С. 82–83.
4. Яцух О.В., Бурдін В.М. Заходи безпеки при проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт при ліквідації наслідків НС. Всеукр. наук.-техн. конф. магістрантів і студентів ТДАТУ (присвячується 80-річчю Запорізької області). Факультет АТЕ Всеукр. наук.-техн. конф., збірник тез доповідей. м. Мелітополь, 19–23 листопада 2018 року. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 46.
5. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджені наказом МОЗ України №248, 08.04.2014 р.
6. Старостюк В.Є., Яцух О.В. Моніторинг параметрів мікроклімату навчальних аудиторій з точки зору впливу на якість навчання. Актуальні питання охорони праці у контексті сталого розвитку та європейської інтеграції України: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Харків, 09–11 листоп. 2023 р. : тези. доп. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, Департамент цивіл. захисту Харків. обл. військ. адмін., Loughborough University (England, United Kingdom). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 162–165.
7. Яцух О.В. Застосування сучасних комп'ютерних технологій для розрахунку параметрів мікроклімату навчальних аудиторій. Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. здобувачів вищої освіти та молодих вчених (30 листопада 2023 р., м. Хмельницький, м. Херсон) / за ред. А.А. Григорової. Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2023. С. 222–225.

## NUMERICAL MODELING OF CONCENTRATION LEVEL HAZARDOUS CHEMICALS IN THE AIR

*Hovalenkov S., Ph.D., Associate Professor,*

*Hovalenkov S., Ph.D.*

*National University of Civil Protection of Ukraine*

Modeling the level of concentration of hazardous chemical substances (HCS) is necessary for forecasting the level of such concentrations in the air and determining the zones of safe deployment of forces and means, making decisions about the use of the necessary personal protective equipment. A feature of the obtained results is the use of stochastic mathematical models in the construction of a hardware and software complex and its use, including for express assessment of the level of the concentration of HCS in the air [1, 2].

It should be noted that existing approaches, models and techniques require a significant number of input parameters, significant time for their measurement during reconnaissance by special units and special equipment and equipment, which is unacceptable in conditions of limited time and dangers [3].

In [4], an approach to zoning the area in the area of NCR release is considered, based on the use of a criterion when, with a given confidence probability  $p_{trust}$  HCS concentration  $q$  does not exceed some critical value  $q_{cr}$ :

$$P(q \leq q_{cr}) \geq p_{trust}. \quad (1)$$

For this approach [4], calculations of areas with determination of the concentration field during ammonia release based on the results of 10, 50 and 100 numerical experiments are presented. Analysis of the data obtained shows not only the convergence of the average concentration to the mathematical expectation with an increase in the number of tests, but also the possibility of its significant deviation in a separate experiment from the mathematical expectation. Therefore, to assess the probability of an event  $P(q \leq q_{cr})$ , included in criterion (1), we will assume that the random variable  $q$  is normally distributed. Then criterion (1) takes the form

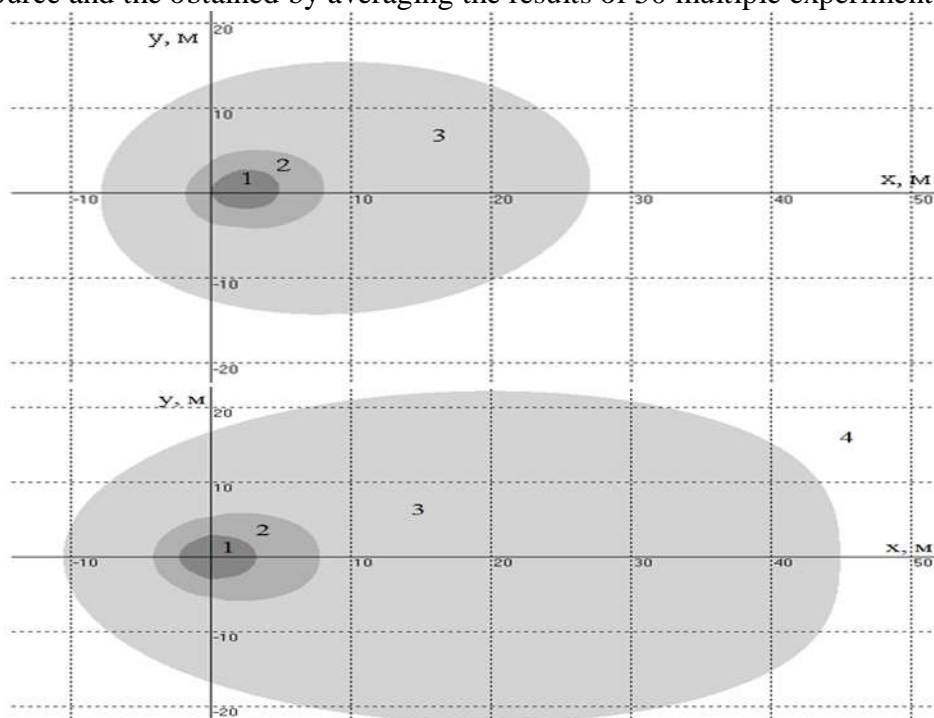
$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_q} \int_{-\infty}^{q_{cr}} \exp\left[-\frac{(t-\bar{q})^2}{2\sigma_q^2}\right] dt \geq p_{trust} \quad (2)$$

which is equivalent to an equation:

$$\frac{q_{cr} - \bar{q}}{\sigma_q} \geq F^{-1}(p_{trust}) \quad (3)$$

where  $F^{-1}(x)$  is an inverse normal standard distribution function.

Picture 1 shows the zoning of the area adjacent to the site of the ammonia release and corresponding to different values of the maximum permissible concentrations (MPC) from a ground source and the obtained by averaging the results of 50 multiple experiments.



**Fig. 1. Areas corresponding to different MPC values for the release of ammonia from a surface source in the presence of wind.**

Note that the proposed approach to the application of the obtained mathematical model of area zoning allows us to determine the zones of safe stay of personnel involved in the localization of an emergency situation associated with the release of hazardous chemical substances and justifying the choice of personal protective equipment against hazardous chemical substances. This algorithm is applicable when developing a software package designed to support decision-making by the emergency response manager.

For substances of similar nature, the data calculated in [4] are in good agreement with experimental data

#### REFERENCES

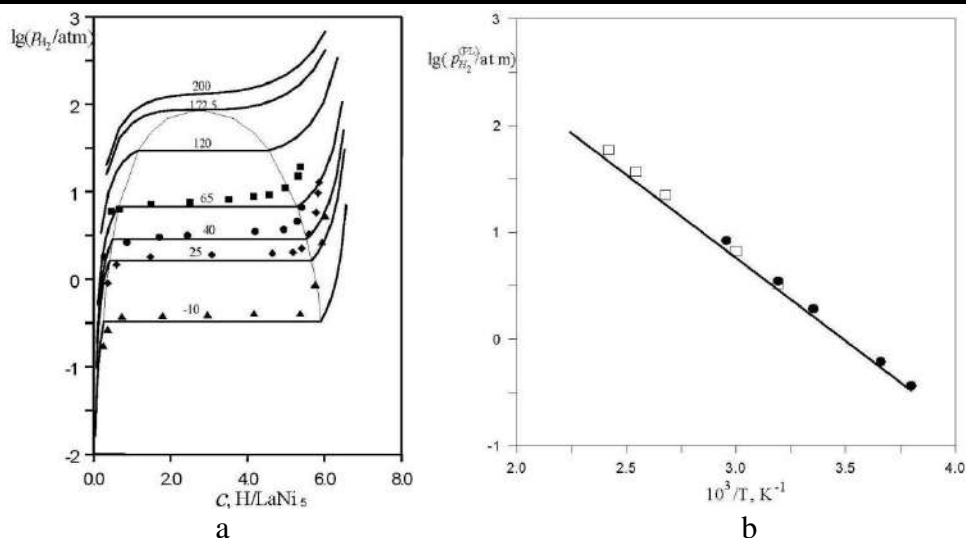
1. Hovalenkov, S.V., Hovalenkov, S.S. (2023). Express assessment of the level of concentration of hazardous chemicals in the air. *Problems of emergency situations*. Kharkiv: NUCP of Ukraine. 37. 137–155.
2. Basmanov, O.E., Hovalenkov, S.S. (2020). Prevention of emergency situations caused by the release of light gaseous hazardous chemicals. *Problems of emergency situations*. Kharkiv: NUCP of Ukraine. 31. 18–33.
3. Andronov, V.A., Rogozin, A.S., Sobol, O.M., Tutunyk, V.V., Shevchenko, R.I. (2011). *Natural and man-made threats, risk assessment* Kh.: National University of Civil Protection of Ukraine. 264 p.
4. Hovalenkov, S.S. (2020). *Prevention of emergency situations caused by man-made emission of dangerous light gaseous chemical substances into the atmosphere*. Dissertation for obtaining the scientific degree PhD (Technical Sciences). National University of Civil Protection of Ukraine. 163 p.

## IMPLEMENTATION OF HYDROGEN STORAGE TECHNOLOGY BASED ON METAL HYDRIDES INTO THE HIGH-POWER ELECTRIC MACHINES COOLING SYSTEMS

*Kondratenko O.<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering), Professor,  
Umerenkova K.<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,  
Koloskov V.<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor  
Koloskova H.<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,  
Lytvynenko O.<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Philology), Associate Professor,  
Borysenko V.<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor*  
<sup>1</sup>National University of Civil Defense of Ukraine of SES of Ukraine,  
<sup>2</sup>N.E. Zhukovsky National Aerospace University «KhAI» of MES of Ukraine

The issue of production, storage, transportation and use of hydrogen as the most environmentally safe and energy-efficient motor fuel is very relevant and promising [1–4].

This research analyzes the cooling systems that become stuck during the operation of high-power electric machines, the importance of using water-cooling systems for them has been dubbed. The main part of the research is devoted to the consideration of nutritional and detailed methods of rational cooling of turbogenerators based on the use of innovative environment protection technologies, namely metal hydride hydrogen storage technologies as an environmentally friendly alternative to motor fuel. It is shown that an alternative to the traditionally used devices for cooling of electric machines with hydrogen is the use of hydrides of intermetallic compounds to implement the working processes of thermosorption compressors, which is due to the ability of reversible hydrides of intermetallic compounds to repeatedly sorb and desorb hydrogen at significantly different pressures, the value of which is determined by the temperature potential of the thermal effect, i.e. thermochemical compression of hydrogen. The methods of calculating the parameters used in the designing such devices have been analyzed, and the method of determining the parameters of phase equilibria of hydrides of intermetallic compounds has been suggested. Mathematical modeling of hydrogen sorption by intermetallic compounds, performed on the basis of the mathematical apparatus of the thermodynamic perturbation theory improved in the study and on the example of the intermetallic hydride LaNi<sub>5</sub>, based on the application of the lattice gas model for metal hydrides. At the same time, due to the presence of an unchanged crystal structure of the metal, an increase in the volume of the crystal lattice in the process of hydrogen sorption was taken into account, which leads to the appearance of additional components in the potential energy, and the interaction between absorbed hydrogen atoms has also been taken into account. The calculated temperature dependences of the pressure on the plateau of the hydrogen solubility isotherm are in good agreement with the experimental data available in the literature. The operation of the metal hydride cooling system of TG excludes the occurrence of fire and explosive situations, and it also significantly increases the level of ecological safety indicators. The results of computational studies using the mathematical apparatus suggested by the authors are shown in Figure 1.



**Fig. 1. Hydrogen solubility isotherms  $p_{H_2}$  (C) in the  $LaNi_5$  compound at  $T < T_c$  and  $T \geq T_c$  (a) (temperatures at calculated isotherms are indicated in °C, the dotted curve is the calculated boundaries of one- and two-phase regions in the plane ( $\log p_{H_2} - C$ ), symbols – experimental data on desorption); Logarithm of the decomposition pressure of the  $\beta$ -phase of  $LaNi_5$  hydrides as a function of inverse temperature (b) (calculation according at  $\Delta H_{\beta \rightarrow \alpha} = 29,8 \text{ kJ/mol H}_2$ ,  $\Delta S_{\beta \rightarrow \alpha} = 104 \text{ J/(K}\cdot\text{mol H}_2$  Symbols – experimental data on desorption in the  $LaNi_5 - H_2$  system).**

#### REFERENCES

1. 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
2. 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: <https://doi.org/10.4028/p-4VM7ff>
3. Kondratenko, O.M., Umerenkova, K.R., Lievtierov, A.M., Stokov, O.P., Koloskov, V.Yu (2023). Improvement of the mathematical description of the thermophysical properties of alternative motor fuels based on the modified thermodynamic theory of disturbances. Part 1 [Udoskonalennia matematychnoho opysannia teplofizychnykh vlastyvostei alternatyvnykh motornykh palyv na osnovi modyfikovanoi termodynamichnoi teorii zburen. Chastyna 1]. Internal Combustion Engines. 1. 25–32. Doi: 10.20998/0419-8719.2023.1.04
4. Kondratenko, O.M., Umerenkova, K.R., Lievtierov, A.M., Stokov, O.P., Koloskov, V.Yu (2023). Improvement of the mathematical description of the thermophysical properties of alternative motor fuels based on the modified thermodynamic theory of disturbances. Part 2 [Udoskonalennia matematychnoho opysannia teplofizychnykh vlastyvostei alternatyvnykh motornykh palyv na osnovi modyfikovanoi termodynamichnoi teorii zburen. Chastyna 2]. Internal Combustion Engines. 2. 54–63. Doi: 10.20998/0419-8719.2022.2.07



## THIN FILM CdS/CdTe MICROMODULES

*Kuziakin O.,**Khrypunov M.,**Shkoda D.,**Minakova K., PhD, Associate Professor,**Zaitsev R., Doctor of Sciences, Associate Professor,**Kirichenko M., PhD, Associate Professor,**National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”*

Currently, thin-film photovoltaic converters based on cadmium telluride are still difficult to compete effectively with photovoltaic converters based on poly and single-crystal silicon that have reached a high level of perfection. The main reason for this is the difficulty of adapting existing production technologies for the mass production of such devices. Thus, the best results in the production of photovoltaic converters based on cadmium telluride are achieved using the quasi-closed volume method, which ensures the production of photovoltaic converters of only a relatively small area and is extremely difficult to scale. The use of economical and well-developed methods of thermal vacuum and magnetron sputtering does not allow the production of high-quality photovoltaic converters over a large area, since researchers are faced with the problems of continuity and uniformity of the formation of the base layers of the solar cell. At the same time, the use of quality control methods well developed for silicon photovoltaic converters [1] is difficult due to the fact that cadmium telluride layers initially have rather short lifetimes of 5–6  $\mu\text{s}$  for minority charge carriers.

In order to obtain experimental samples of flexible PVC/CdS/CdTe/Cu/Au photovoltaic converters, first, ITO films with a thickness of 0,3  $\mu\text{m}$  have been deposited onto Upilex polyimide films (12,5  $\mu\text{m}$  thick) by the DC magnetron sputtering method. For sputtering was used target which contains a compressed powders from  $\text{In}_2\text{O}_3$  (90 wt.%) and  $\text{SnO}_2$  (10 wt.%) with 99,999 % purity. Sputtering parameters were as follows: Ar pressure 0,8 Pa, magnetron voltage 500 V, current density 12,6  $\text{mA}/\text{cm}^2$ . The polyimide temperature was  $T_p = 300\text{--}350$   $^\circ\text{C}$ . In this sputtering mode we obtain ITO layers on polyimide substrates which has electrical and optical properties allowing to use it as transparent electrode [2]. Next, CdS layers were formed on the ITO at an argon pressure of 0,8 Pa and  $T_p = 270\text{--}280$   $^\circ\text{C}$  (sputtering parameters were: magnetron voltage 550–600 V, discharge current density 2,8  $\text{mA}/\text{cm}^2$ ). We studied the photovoltaic converters in which the base layers of cadmium telluride were formed by various methods:

1) The CdTe layer deposits without opening of vacuum chamber directly on CdS/ITO films at  $T_p = 280\text{--}320$   $^\circ\text{C}$ ;

2) The substrate with CdS/ITO layers removed from vacuum chamber for cooling with subsequent vacuum heating to  $T_p = 280\text{--}320$   $^\circ\text{C}$ , for deposition CdTe layers.

Sputtering parameters of DC magnetron deposition were identic for both methods: magnetron voltage value 650–700 V, discharge current density 4,2  $\text{mA}/\text{cm}^2$ .

The resulting ITO/CdS/CdTe structures were subjected to chloride processing. During this procedure the  $\text{CdCl}_2$  films were formed on the top of cold CdTe by vacuum thermal resistive deposition at  $5,3 \cdot 10^{-3}$  Pa. next step was the air annealing in a closed volume at 430  $^\circ\text{C}$  during 25 min with subsequent etching in a bromomethanol solution. Final stage was forming the two-layered Cu-Au back electrodes by thermal resistive deposition with open air annealing at a temperature of 200  $^\circ\text{C}$  during 20 min.

For study the "chloride" processing influence onto structural and optical characteristics of the photovoltaic converters, some ITO/CdTe heterosystems [3] was made without a CdS "wide-bandgap" layer by using above mentioned deposition techniques.

The general view of the obtained thin-film samples is shown in Figure 1.

The structure of cadmium telluride layers was investigated by using X-ray diffractometric technique at DRONE-4 diffractometer which was working in  $\theta$ - $2\theta$  mode in increments of 0,01–0,02 degrees in  $K\alpha$ - radiation of the cobalt X-ray tube. For high accuracy determining of various CdTe phases presence the method of "oblique" surveys was used, in which diffraction reflections from crystallographic planes of sphalerite and wurtzite CdTe modification were detected during the  $\theta$ - $2\theta$  scanning process, which, for reasons of texturing samples, are not detected by the registration method described above.

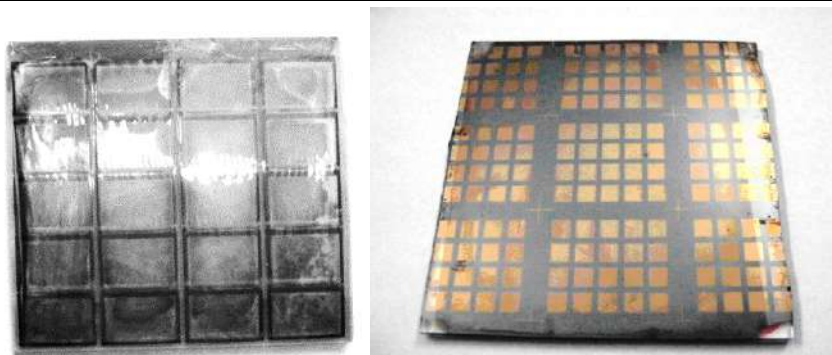
The study of optical properties of obtained samples was performed by use a SF-2000 spectrophotometer. Value of band gap of CdTe films was finding out by calculations of the absorption coefficient dependence from wavelength  $\alpha(\lambda)$  which based on Burger-Lamer expressions.



**Fig. 1. General view of thin-film ITO/CdS/CdTe/Cu/Au PVC samples.**

For the manufacture of micromodules, a mask system was developed and manufactured, with the help of which a Test series of flexible micromodules with parallel and serial connection of PVC were made (fig. 2).

Based on the results of the research, it was shown that it is possible to implement a relatively simple technically and economical technology for the production of ITO/CdS/CdTe/Cu/Au based photovoltaic converters. The potential of combining single photovoltaic converters into micromodules has been experimentally demonstrated, which makes it possible to circumvent the limitations existing in the Ukraine industry regarding the continuity and uniformity of the formation of cadmium telluride base layers. At the same time, sufficiently high values of conversion solar energy into electrical have been achieved for single PVC, which, when combined into micromodules, makes it possible to effectively use them as part of hybrid solar thermal power system.



**Fig. 2. Appearance of a flexible micromodule based on the CdTe/CdS heterostructure.**

#### REFERENCE

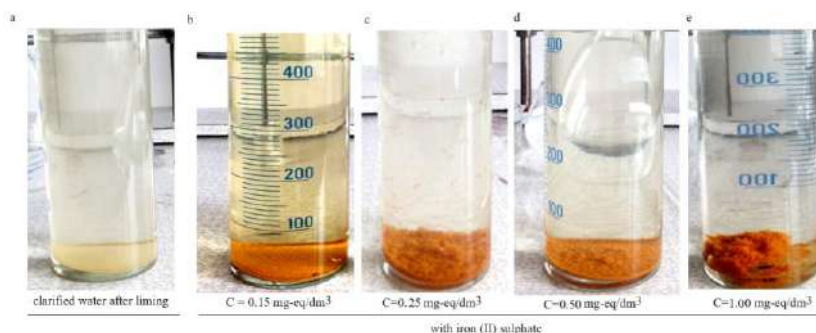
1. Kephart, J.M., McCamy, J.W., Mab, Z., Ganjoo, A., Alamgir, F.M., Sampath, W.S. (2016). Band alignment of front contact layers for high-efficiency CdTe solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 157. 266–275.
2. Khanal, R.R., Phillips, A.B., Song, Z., Xie, Y., Mahabaduge, H.P., Dorogi, M.D., Zafar, S., Faykosh, G.T., Heben, M.J. (2016). Substrate configuration, bifacial CdTe solar cells grown directly on transparent single wall carbon nanotube back contacts. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 157. 35–41.
3. Tuteja, M., Koirala, P., Palekis, V., MacLaren, S., Ferekides, C.S., Collins, R.W., Rockett, A.A. (2016). Direct Observation of CdCl<sub>2</sub> Treatment Induced Grain Boundary Carrier Depletion in CdTe Solar Cells Using Scanning Probe Microwave Reflectivity Based Capacitance Measurements. *Journal of Physical Chemistry*. 120. 7020–7024.

## WATER CLARIFICATION USING LIME SOFTENING AND COAGULANT FOR WATER TREATMENT AT THE POWER PLANT

*Kuznietsov P.,*

*Biedunkova O., Doctor of Sciences (Biology), Professor  
National University of Water and Environmental Engineering*

Water treatment is a set of operations and processes performed on source water to remove or reduce its contaminants and achieve compliance with its quality indicators [1]. Water for the needs of a power plant must meet high quality requirements and be purified from impurities through the use of effective water treatment processes. Water treatment plants used for water treatment must improve their technological processes to ensure improvement of their operation, water quality and meet increasingly stringent environmental requirements [2]. The purpose of this work is to determine the optimal application conditions for the intensification of sedimentation processes during liming for water treatment. By changing the doses of the coagulant  $\text{FeSO}_4$  in the series of solutions obtained was 0,15, 0,25, 0,50, 1,0 mg-eq/dm<sup>3</sup> concentrations (Fig. 1). The time of deposition of particles decreases proportionally from 750 to 380 sec. The residual Fe concentration is significantly constant, which can be conditioned limited dissociation at alkaline pH (8,8–9,6), which is maintained during the bicarbonate mode. When increasing the dose of  $\text{FeSO}_4$ , the transparency of water increases proportionally from 30 to 60 cm (Snellen`s).



**Fig. 1. Liming and  $\text{FeSO}_4$  coagulant images of the resulting sediment.**

Although the technologies can be recognised as effective for water treatment, all of them require high capital investment and operating costs. The coagulant  $\text{FeSO}_4$  can be used as a potential coagulant for co-treatment in liming. This intensifies particle deposition processes and increases the efficiency of water treatment. The results obtained in laboratory conditions should be tested under the conditions of real industrial conditions water treatment by conducting industrial tests.

### REFERENCE

1. Kuznietsov, P., Biedunkova, O., Trach, Y. (2023). Monitoring of Phosphorus Compounds in the Influence Zone Affected by Nuclear Power Plant Water Discharge in the Styr River (Western Ukraine): Case Study. *Sustainability*. 15. 16316.
2. Jagaba, A. H., Birniwa, A. H., Usman, A. K., Mu'azu, N. D., Yaro, N.S.A., Soja, U.B., Abioye, K.J., Almahbashi, N.M.Y., Al-dhawi, B.N.S, Noor, A., Lawal, I.M. (2023). Trend and current practices of coagulation-based hybrid systems for pulp and paper mill effluent treatment: mechanisms, optimization techniques and performance evaluation. *Journal of Cleaner Production*. 429. 139543.

**ENERGY GENERATION AND STORAGE SYSTEM  
FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY**

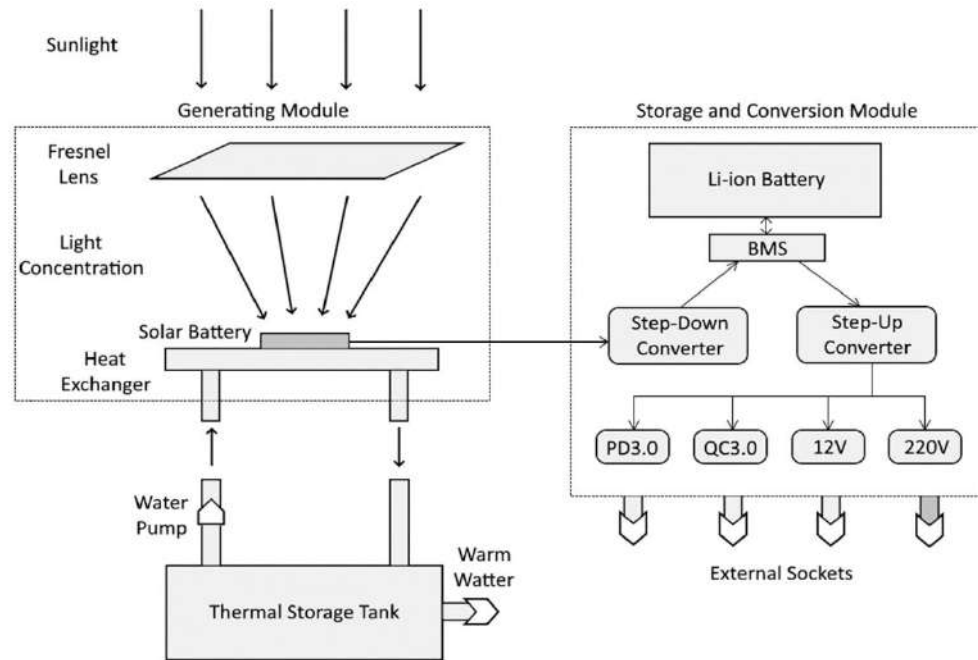
*Leliuk S.,  
Saprykin R.,  
Minakova K., PhD, Associate Professor,  
Zaitsev R., Doctor of Sciences, Associate Professor,  
Kirichenko M., PhD, Associate Professor  
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”*

In recent years, there has been a steady trend among photovoltaic system researchers to introduce mass production of photovoltaic systems that use concentrated solar radiation, and one of the most obvious advantages of such systems is usually a radical improvement due to a reduction in the weight and size of the system. The implementation of such developments became possible thanks to the introduction into mass production the highly efficient solar cells (SC) based on GaAs, capable of working in conditions of concentrated solar radiation, the efficiency of the best samples among which exceeds 40 % [1]. The reduced size of the solar battery from such SC significantly simplifies the solution to the problem of efficient heat transfer from the SC to the heat exchanger, in particular, the contact of such elements can be made by soldering. It is assumed that with such design, the long-wave component of solar radiation passes through the SC practically without loss and is absorbed directly in the heat-receiving unit, thereby reducing the operating temperature of the SC without losing the efficiency of thermal energy collection [2].

Based on the results of the exploratory research, the concept of a high mobility energy generation and storage system using concentrated solar radiation, highly efficient solar cells based on SC from gallium arsenide, and intelligent systems for converting and storing electrical and thermal energy was developed.

To solve this problem, a modular design of a high mobility solar system is proposed (Figure 1), the main elements of which include a generating module (GM) – where solar cells based on GaAs and a solar concentrator based on Fresnel lenses [3] will be installed on a light aluminum or composite structural frame and storage and conversion module (SCM) – in which the schematic solution of an intelligent energy conversion and storage system provides the ability to work with the required number of batteries based on high-efficiency lithium-iron-phosphate batteries and hot water tanks. Each of these modules is a structural unit by varying the number of which we can scale the power of the system.

As can be seen from Figure 1, by using repeated solar energy conversion units of about 0,16 square meters each, we have the ability to vary the size of the deployed array of these units to provide the required volume of electrical and thermal energy production. The proposed surface area of this solar energy system will be comparable to typical silicon-based solar panels. Such a result can be achieved by using Fresnel lenses, which are characterized by a small focal length, at the level of the diameter of the lens itself, to concentrate solar radiation.

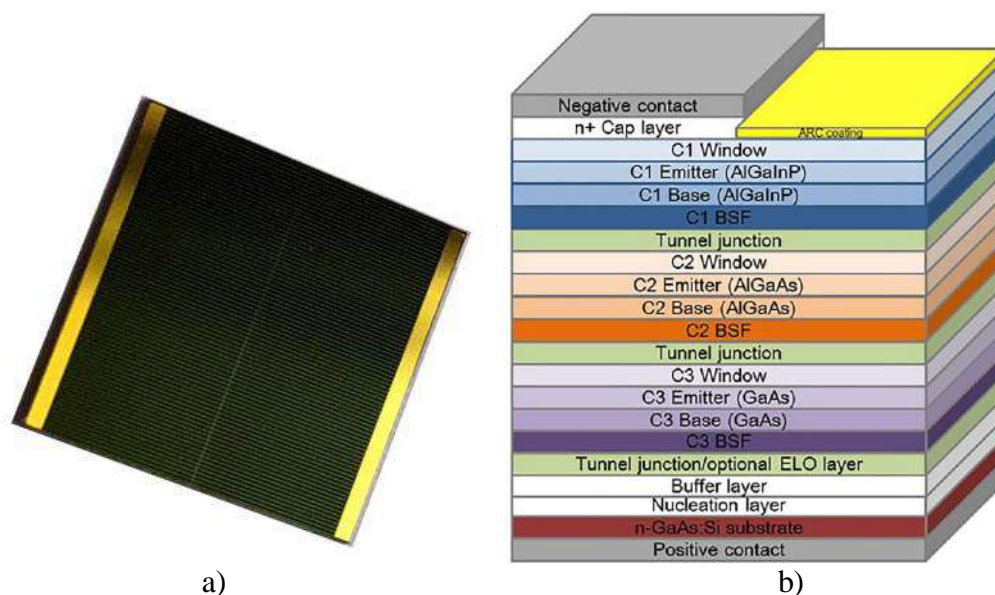


**Fig. 1. Scheme of a high mobility energy generation and storage system.**

The main element of the proposed system should be a heat-electricity generating unit whose design is based on the principle of modular design, which allows the flexible adjustment of the installation's power to meet energy needs in a specific place of its use.

For this, the heat-electricity generating unit will consist from separate generating modules (GMs) that have a conceptually complete design and can generate up to 150 W of energy under lighting conditions of  $800 \text{ W/m}^2$ , of which 45 W are electric and 50 W are thermal energy, having in total near 70 % generation efficiency. Figure 1 shows the schematic design of GM, the main design features of which are the use of a battery from highly efficient (up to 40 %) solar cells based on gallium arsenide, which work in conditions of concentrated solar radiation, created using Fresnel lenses, the construction of which is made from plastic and implemented in a large-scale production.

Solar cells based on gallium arsenide, produced in the USA and studied in [3], was chosen for the generation of electrical energy, which, according to the specification, have an efficiency of up to 29,5 % under illumination conditions of  $50 \text{ W/cm}^2$  and can work effectively at an operating temperature of up to  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ . The appearance of such a SC is shown in Figure 2, a, and its cross-section is shown in Figure 2, b. A feature of the design of such SCs is that due to the presence of a grid like electrode on the back surface, they are able to directly transmit the long-wave component of solar radiation to the heat exchange unit, which reduces the heat load on the SC itself.



**Fig. 2. Appearance of SC based on gallium arsenide (a) and its cross section (b).**

It is obvious that the research of such SCs is of the greatest interest precisely in the range of their working concentrations, for the implementation of which a full-scale experiment using a concentrating system can be best suited. In the developed system as a concentrator of solar radiation in one GM, it is planned to use a Fresnel lens.

As a result of the research work, the design conception of a high mobility energy generation and storage system with intelligent energy conversion and storage systems is proposed for use in military and civilian purposes in regions with damaged infrastructure, where access to electricity and hot water is limited or threatened due to man-made actions or natural damage. For Ukrainian civilian and military users in our country, the damage to the energy infrastructure caused by the war has limited the reliable supply of electricity and hot water.

#### REFERENCE

1. Skelton, W., Ji, Y., Artzt, L., Spitler, C., Ingrish, G., Islam, K., Codd, D., Escarra, M., (2022). Design and field testing of a sunflower hybrid concentrator photovoltaic-thermal receiver. *Cell Reports Physical Science*. 3. 5. 100887.
2. Carmona, M., Palacio, M. (2019). Thermal modelling of a flat plate solar collector with latent heat storage validated with experimental data in outdoor conditions. *Solar Energy*. 177. 620–633.
3. Xu, Q., Ji, Y., Krut, D.D., Ermer, J.H., Escarra, M.D. (2016). Transmissive concentrator multijunction solar cells with over 47 % in-band power conversion efficiency. *Applied Physics Letters*. 109. 193905.

## СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ МЕТАЛЕВОГО НОСІЯ ДЛЯ КАТАЛІЗАТОРА ВІДНОВЛЕННЯ ВИКИДНИХ ГАЗІВ ВІД ОКСИДІВ НІТРОГЕНУ

*Векшин В.О.<sup>1</sup>, к.т.н.,*

*Колосков В.Ю.<sup>2</sup>, к.т.н, доцент,*

*Колоскова Г.М.<sup>3</sup>, к.т.н, доцент,*

*Сінческул О.Л.<sup>4</sup>, к.т.н, доцент*

<sup>1</sup>*Харківський національний медичний університет,*

<sup>2</sup>*Національний університет цивільного захисту України інститут»,*

<sup>3</sup>*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський  
авіаційний інститут»,*

<sup>4</sup>*Національний технічний університет «Харківський політехнічний*

Проблеми екології з кожним роком не тільки стають дедалі актуальнішими, а й навіть зростають по мірі індустріального розвитку країн. Екологи б'ють на сполох: повітря вже не можна називати безпечним, забруднені майже всі великі міста, рівень шкідливих речовин перевищує встановлені норми. Рівень забруднення оцінюється як неприйнятний. В Україні негативний вплив забрудненого повітря зазнають всі великі міста, через те, що концентрація промисловості та кількість автомобілів зростає щороку. Технічне оснащення очисних споруд великих підприємств, на жаль, поки що не відповідає сучасним нормам. Якість палива та технічний стан автотранспорту знаходяться на низькому рівні. Все це призводить до забруднення атмосфери токсичними речовинами, що негативно впливає на стан здоров'я всього населення країни [1]. Один із лідерів забруднення нашого довкілля є українська енергетика. З усіх викидів шкідливих речовин, у атмосферу, 65 % їх перепадає на стаціонарні джерела. До основних забруднювачів атмосферного повітря належать промислові підприємства, теплові електростанції та котельні. Від цих джерел у повітряний простір України щорічно надходить велика частина викидів, які зумовлюють стійке забруднення атмосферного повітря. Загальні викиди від національних промислових джерел становлять 4345,6 тис.т. [2].

В Україні за рахунок потужного атомного енергетичного сектора (25% у постачанні первинної енергії та майже 50 % у виробництві електроенергії) можна компенсувати зменшення використання вугілля [3]. Проте сьогодні його застосування має частку у 30 % від загального постачання первинної енергії, що приводить до зростання обсягів викидів в атмосферу діоксиду сірки та азоту, твердих речовин, оксиду вуглецю та інших сполук.

Незважаючи на те, що на період з початку бойових дій в Україні кількість газових викидів оксидів нітрогену  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}_2 + \text{NO}$ ) в державі знизилась до  $0,30 \times 10^{-4}$   $\text{mol/m}^3$ , рівень локального забруднення атмосфери у районах розміщення хімічних заводів залишається надзвичайно високим [4].

На долю виробництв хімічної продукції припадає лише 0,6 % від загального об'єму викидів промисловості [5], але особливістю газових відходів хімічної галузі є їх різноманітність та висока токсичність порівняно з іншими джерелами. Це доводить необхідність застосування на азотно-тукових підприємствах систем очистки викидних газів від  $\text{NO}_x$  яка б забезпечувала зниження їх концентрацію до норм ГДК. Найбільш ефективним, в теперішній час, є селективне каталітичне відновлення. Ефективність методу низькотемпературної очистки викидних газів від  $\text{NO}_x$  аміаком в свою чергу визначається формою каталізатора, конфігурацією каталітичного реактора та швидкістю газового потоку. Промислові АВК-10 та АВК-10 М є гранульованими



насипними каталізаторами, які не дозволяють проводити процеси відновлення на високих об'ємних швидкостях.

Одним з напрямків удосконалення промислових каталізаторів є розробка нанесених блочних контактів, які містять активний компонент у вторинному покритті, закріпленому на поверхні носія з заданими характеристиками. Дослідження показали, що при нагріванні до 550 °С і вище, титан проявляє високу термічну стійкість, зберігається структура покриття.

Нанесення оксидного шару на поверхні титанових пластин проводили шляхом електрохімічного анодування в розчині електроліту, що складався з розчинів сірчаної і соляної кислот впродовж 30–90 хв. Після процесу анодування пластини промивались водою, висушувались на повітрі, а потім – 1,5 год. в сушильній шафі при температурі 120 °С. Видалення залишкової води з пор покриття та стабілізацію поверхневого шару проводили у муфельній пічі на заключній стадії процесу.

Для визначення фізико-хімічних характеристик отриманого оксидного шару були використані наступні методи аналізу: рентгеноструктурний аналіз (РСА), рентгеноструктурний фазовий аналіз (РСФА), рентгенівський абсорбційний аналіз (РАА) та рентгенівський флуоресцентний аналіз. Метою даних досліджень було визначення впливу параметрів анодування на такі характеристики оксидного шару анодованих зразків як: мікротвердість, пористість, товщина, питома поверхня, адгезія і термостабільність оксидного шару. Оцінка товщини оксидного шару залежно від тривалості анодування проводилась методом оптичної мікроскопії.

В результаті проведених експериментальних та фізико-хімічних досліджень було виявлено, що товщина оксидної плівки залежить від тривалості анодування. Оптимальна товщина оксидного шару досягається після 60 хвилин процесу. Пористість оксидної плівки лінійно зростає по мірі збільшення тривалості анодування, при цьому зменшується адгезія та мікротвердість. Найбільш оптимальна товщина оксидної плівки 20 мкм. Прожарювання приводить до зміни її глобулярної структури. Спостерігається зниження питомої поверхні через збільшення розміру пор. Також змінюється кристалічна структура, стан анатазу поступово переходить до рутилу. Збільшення температури прожарювання до 773 К приводить до зростання показників адгезії, але подальше зростання температури сприяє її зниженню аж до руйнування поверхні.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кісельов А.Ф., Зюзін В.О., Цебржинський О.І., Руденко А.О., Єрмілов В.С., Зінченко Т.М. Соціально-економічні та екологічні аспекти громадського здоров'я населення Миколаївщини. Екологія. 2012. Вип. 167. С. 103–106.
2. Баштаннік М.П., Жемера Н.С., Кіпченко Є.М., Козленко Т.В. Стан забруднення атмосферного повітря над територією України. Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. 2014. № 266. С. 70–93.
3. Патон Б., Бар'яхтар В., Бакай О., Неклюдов І. Майбутнє атомної енергетики. Вісник НАН України. 2006. № 4. С. 3–13.
4. Bohovic, R., Hrnčiar, M., Muroň, M., Chytrý, J., Skalský, M., Černochová, M., Angurets, O., Labohý, J. (2023). Air Pollution in Ukraine as seen from Space: The Effects of the War. *World from Space*. 28 p.
5. Михайлова Є.О. Можливі способи очищення газових викидів від оксидів нітрогену в умовах виробництва кальцинованої соди. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: XV міжнар. наук.-практ. конф., 9–13 вер. 2019 р.: зб. наук. ст. X. : ПП «Стиль-Іздат», 2019. С. 227–231.

## СЕКЦІЯ 1. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

<i>Абрамов Ю.О., Кривцова В.І., Михайлюк А.О.</i> Використання показників надійності при одержанні оцінок пожежонебезпечного стану систем зберігання та подачі водню	4
<i>Барабаш М.С., Бармін І.В.</i> Моделювання динамічних навантажень вибухового типу в задачах дослідження міцності будівельних конструкцій з використанням ПК ЛІРА-САПР	6
<i>Барабаш М.С., Донець Т.П.</i> Чисельне моделювання впливу вибухів на будівельні конструкції в ANSYS MECHANICAL	8
<i>Бащинський О.В.</i> Оцінка температурного впливу на переріз сталевий балки перекриття	10
<i>Білаш Є.А., Петухова О.А.</i> Порівняння результатів розрахунку внутрішнього протипожежного водопостачання будівлі виробничого об'єкта	12
<i>Биков Д.С., Черепаха Р.Е., Сур'янінов М.Г.</i> Дослідження ефективності протипожежних карнизів для запобігання поширення пожежі фасадними конструкціями висотних будівель	14
<i>Бурлачко О.В., Тригуб В.В., Безносохін С.К.</i> Проблеми дослідження часу блокування шляхів евакуації за втратою видимості при пожежі на об'єктах енергетичного сектору	16
<i>Вавренюк С.А.</i> Аналіз вражаючих впливів блискавки на технічні засоби	18
<i>Васильченко О.В., Рубан А.А., Царенко Г.Р.</i> Перевірка збереження вогнестійкості металевий каркаса після вибухових впливів	20
<i>Гаврісієнко Н.О., Черепаха Р.Е., Майборода Р.І.</i> Визначення параметрів зрошувачів для захисту світлопрозорих конструкцій фасаду висотних будівель	22
<i>Данченко Ю.М., Андронов В.А., Олійник Г.С., Мірус О.Л., Євтушенко В.В.</i> Переваги та недоліки використання полімербетонів у цивільному будівництві	24
<i>Двейрін О.З., Набокіна Т.П., Ківіренко О.Б., Кондратьєв А.В.</i> Анізотропія міцності композитів на зріз у механічних з'єднаннях	26
<i>Доценко О.Г., Борисова А.С., Помазанова Т.І.</i> Критерії впливу та закономірності зміни параметрів швидкості руху людських потоків від наявності різних груп мобільності в торговельно-розважальних центрах	28
<i>Касіянчук Д.В., Сворак Л.І.</i> Моделювання підтоплення р. Ворона засобами GOOGLE EARTH ENGINE на території м. Тисмениця	30
<i>Катунін А.М., Кулаков О.В., Роянов О.М., Михайловська Ю.В.</i> Дослідження інтенсивності нагріву навантажених електричних проводів	32
<i>Катунін А.М., Коломійцев О.В.</i> Аналіз температурно-часових характеристик експлуатації проводів із різними матеріалами струмовідних жил	34
<i>Клименко Є.В., Попаденко А.О., Колесніченко С.В.</i> Особливості застосування термографічної дефектоскопії для залізобетонних та сталевих будівельних конструкцій з урахуванням їх реального стану в умовах експлуатації	36
<i>Козяр Н.М., Кириченко О.В., Ковбаса В.О., Дядюшенко О.О.</i> Термодинамічні розрахунки основних характеристик процесу горіння піротехнічних нітратно-металізованих сумішей з добавками органічних та неорганічних речовин в умовах зовнішніх термічних впливів	38
<i>Кулешов М.М.</i> Щодо забезпечення стійкості функціонування об'єктів критичної інфраструктури в умовах сучасних загроз	40
<i>Лобойченко В.М., Букарева О., Михалюк А.</i> Диджиталізація як складовий чинник забезпечення мінної безпеки України	42
<i>Макаренко В.Д., Бердник О.Ю., Амеліна Н.О., Петрикова Є.М.</i> Дослідження особливостей стрес-корозійних руйнувань газопроводів	44

<b>Макаренко В.Д., Гоц В.І., Бердник О.Ю., Амеліна Н.О.</b> Дослідження впливу корозійного середовища на тривалу втомленість сталевих каналізаційних конструкцій	46
<b>Макаренко В.Д., Гоц В.І., Бердник О.Ю., Амеліна Н.О.</b> Дослідження поведінки композитних панелей під дією ударних навантажень та створення надійного захисту броньованої техніки	48
<b>Мальований М.С., Сакалова Г.В., Krusir G.</b> Рентгенофазні дослідження регенерованих сумішей адсорбентів	50
<b>Матухно В.В.</b> Концепція розвитку протимінної діяльності в Україні	52
<b>Мельниченко А.С.</b> Розробка програмної реалізації методики прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів	54
<b>Мироненко А.А., Бодрик О.О., Отрош Ю.А.</b> Розрахунок та моделювання небезпечних чинників пожежі за допомогою програмного забезпечення PyroSim	56
<b>Михайлова А.В., Слюсар А.А., Коробкін В.Ф., Парталян С.А.</b> Щодо порядку проведення оцінювання спроможностей у сфері цивільного захисту	58
<b>Михайловська О.В.</b> Влаштування пустотних ґрунтоцементних блоків	60
<b>Налисько М.М., Махінько А.О., Сопільняк А.М., Чеберячко Ю.І.</b> Обґрунтування динаміки вибухових навантажень на будівельні конструкції	62
<b>Некора В.С., Ніжник В.В., Балло Я.В., Голікова С.Ю.</b> Концепція протипожежного захисту під час виконання модернізації пасажирських та вантажних вагонів поїзда-кухні	64
<b>Несенюк Л.П., Савченко О.В., Кропотов П.П.</b> Стан із надзвичайними ситуаціями та наслідками від них в Україні за 2023 рік	67
<b>Осьмачко О.О., Михайловський О.І.</b> Оцінка рівня техногенної безпеки території	69
<b>Осьмачко О.О., Морозова А.В.</b> Багатокритеріальна оцінка легкоскридних конструкцій	71
<b>Остапов К.М.</b> Підвищення ефективності протипожежного захисту металевих будівельних конструкцій	73
<b>Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В., Yasuda N.</b> Трансформація інфраструктури міста в рамках післявоєнної відбудови	75
<b>Пастернак В.В., Рубан А.В., Козак С.М.</b> Використання математичних та комп'ютерних моделей для аналізу взаємозв'язків між сферичними елементами	77
<b>Пастернак В.В., Рубан А.В., Козак С.М.</b> Застосування функцій Гріна для моделювання сфер	79
<b>Пастернак В.В., Рубан А.В., Козак С.М.</b> Особливості застосування математичного моделювання для дослідження тетрадральних елементів	81
<b>Плотников І.В., Лагута Д.О., Рашкевич Н.В.</b> Інноваційні заходи вогнезахисту дерев'яних конструкцій	83
<b>Плотников І.В., Рашкевич Н.В.</b> Область роботи автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій на гідроаккумуляторних електростанціях	85
<b>Подорожко К.Д., Данишина С.Ю.</b> Просторовий аналіз впливу забудованості заплавл річок на катастрофічні наслідки від паводків	87
<b>Поспелов Б.Б., Рибка Є.О., Корнієнко Р.В., Веретеннікова Ю.А.</b> Запобігання надзвичайним ситуаціям внаслідок пожеж на основі оцінки бікогерентності динаміки небезпечних параметрів газового середовища	89
<b>Постернак І.М., Постернак О.С., Постернак С.О.</b> Науково-практичні аспекти влаштування підземних захисних споруд цивільного захисту	91

<b>Рашкевич Н.В., Шевченко Р.І., Ребров О.В.</b> Обґрунтування процедур з оптимізації відбору проб ґрунту з метою попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру	93
<b>Ромашко-Майструк О.В., Ромашко В.М.</b> Прогнозування тривалої міцності стиснутого бетону	95
<b>Рудаков С.В., Беднер К.І.</b> Дослідження причин виникнення пожеж в житлових будівлях від внутрішніх електромереж	97
<b>Рудаков С.В., Коваленко Д.С.</b> Модель підтримки управління розподілом пожежних автомобілів в підрозділах ДСНС	99
<b>Рудаков С.В., Саньков Д.І.</b> Дослідження методів і засобів контролю ступеня термічних пошкоджень матеріалів на місці пожежі	101
<b>Савостьянов В.О., Черпаха Р.Е., Грушовіччук О.В.</b> Удосконалення систем оповіщення про пожежу та управління евакууванням людей закладів освіти	103
<b>Самойлов М.О.</b> Управління технічним станом пожежної та аварійно-рятувальної техніки	105
<b>Сідней С.О., Некора О.В., Швиденко А.В., Куліца О.С.</b> Дослідження залежності вогнестійкості залізобетонної порожнистої плити від вологості бетону	107
<b>Соляник Н.Ю., Гавриляк Б.М., Назаровець О.Б.</b> Особливості пожежної небезпеки стумових перенавантажень фотоелектричних з'єднувачів	109
<b>Тараненко І.С.</b> Актуальність підземного будівництва в Україні з урахуванням сучасних умов	111
<b>Тесленко О.М., Доценко О.Г., Цимбалістий С.З., Крикун О.М.</b> Актуальність застосування електронних довідково-інформаційних та геоінформаційних технологій, придатних для створення електронної автоматизованої бази даних реєстру паспортів ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру в регіонах України	113
<b>Товарянський В.І.</b> Дослідження процесів тепловиділення за умов виникнення пожеж в природних екосистемах	115
<b>Фесенко О.А., Колякова В.М., Донець Т.П.</b> Вогнестійкість залізобетонних згинальних елементів з урахуванням схеми їх армування	117
<b>Фещук Ю.Л., Сізіков О.О., Голікова С.Ю.</b> Аналіз пожежних характеристик будівельної продукції передбачених узгодженими технічними специфікаціями ЕАД	119
<b>Холодна О.С., Отрош Ю.А.</b> Протидимний захист будівель підвищеної поверховості	121
<b>Цапко Н.С., Шабанова Г.М., Логвінков С.М., Миргород О.В., Пирогов О.В.</b> Деякі питання захисту від електромагнітного випромінювання	123
<b>Черенков В.О., Черпаха Р.Е., Рашкевич О.С.</b> Застосування штучного інтелекту для вирішення питань пожежної безпеки	125
<b>Шабельник Н.О., Тригуб В.В.</b> Проблеми прийняття управлінських рішень щодо забезпечення пожежної безпеки на об'єктах нафтогазової промисловості	127
<b>Шишкіна О.О.</b> Підвищення несучої здатності стиснутих бетонних елементів будівельних конструкцій	129
<b>Щолоков Е.Е.</b> Підвищення безпеки евакуації з культурно видовищних закладів	131
<b>Щолокова А.С.</b> Підвищення вогнезахисту будівельних оздоблювальних матеріалів	133
<b>Юрченко В.О., Мельнікова О.Г., Телюра Н.О.</b> Проблеми захисту бетону від біогенної сірчаноокислої агресії за допомогою полімерних покриттів	135
<b>Domnichen A., Shyshkin O.</b> The influence of ultra-low doses of surfactants on the strength of artificial stone obtained from a mixture of nanopowder	137
<b>Rudakov S.</b> The effect of the breakthrough wave of flammable liquid in the destruction of oil tanks on people, buildings and structures	139

<i>Teslenko O.</i> On methods of accounting military actions in methods for calculating technogenic hazards	141
---	-----

## СЕКЦІЯ 2. МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

<i>Арутюнян В.Е.</i> Використання штучного інтелекту у державному управлінні надзвичайними ситуаціями на прикладі радіаційних аварій	143
<i>Дема Б.Ю., Дурєєв В.О.</i> Математична модель магнітноконтактного теплового пожежного сповіщувача з однодоменним феромагнітом	145
<i>Зубаренко О.В., Тригуб В.В.</i> Проблеми організаційної системи моніторингу під час гасіння крупних пожеж	147
<i>Коробкін В.Ф., Слюсар А.А.</i> Унормування (стандартизація) оцінювання спроможностей у сфері цивільного захисту	149
<i>Кривошеєва К.А., Дурєєв В.О.</i> Математична модель магнітноконтактного теплового пожежного сповіщувача з суперпарамагнітними частками при слабкому магнітному полі	151
<i>Михайлов М.Д., Тригуб В.В., Ключка Ю.П.</i> Проблеми управління пожежною безпекою на підприємствах хімічної промисловості	153
<i>Михайловська Ю.В.</i> Узагальнена постановка задачі оптимізації ресурсів територіальної системи цивільного захисту	155
<i>Рудаков С.В., Ромін А.В., Антонюк В.І.</i> Підвищення ефективності моніторингу пожежної обстановки з використанням безпілотного літального апарату	157
<i>Славгородська О.С., Дурєєв В.О.</i> Математична модель магнітноконтактного теплового пожежного сповіщувача з суперпарамагнітними частками при сильному магнітному полі	159
<i>Тютюник В.В., Захарченко Ю.В.</i> Особливості оцінки екологічної обстановки в зоні надзвичайної ситуації за допомогою безпілотних літальних апаратів	161
<i>Тютюник В.В., Тютюник О.О., Усачов Д.В.</i> Особливості створення в системі Smart City підсистеми контролю акустичного простору та локації джерел небезпек на території міста	163
<i>Lapiti P.</i> Prospects of using big data in environmental projects	166

## СЕКЦІЯ 3. РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

<i>Романюк І.П.</i> Принципи надання допомоги населенню в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру	168
<i>Басманов О.Є., Максименко М.В.</i> Моделювання охолодження покрівлі вертикального сталевого резервуара	170
<i>Гордішевський Є.Л., Кольцова О.С.</i> Використання системи цифрового радіомовлення DAB+ для передавання повідомлень екстреного оповіщення громадян	172
<i>Гурник А.В.</i> Щодо адаптивного планування для прийняття оптимального рішення по локалізації пожежі наземними силами спільно з пожежними повітряними суднами	174
<i>Діхтяренко Т.В., Рашкевич Н.В., Глабчук А.А.</i> Сучасні технології в області пошуково-рятувальних операцій під час надзвичайних ситуацій	176
<i>Дубінін Д.П., Іванов М.А.</i> Вплив твердих горючих матеріалів на розвиток пожежі	179

<b>Закора О.В., Фещенко А.Б., Борисова Л.В.</b> Обирання типу антени портативного радіолокаційного вимірювача товщини льоду	181
<b>Карнов А.А., Кустов М.В., Басманов О.Є., Кулаков О.В.</b> Перспективні технології та методики пошуку вибухонебезпечних матеріалів	183
<b>Кравченко Р.І., Корольова О.Г., Хроменков Д.Г., Гулик Ю.Б., Ільченко Н.М.</b> Класифікація засобів індивідуального захисту рятувальників і пожежних	185
<b>Климась Р.В.</b> До проблеми оцінювання матеріальних цінностей, врятованих пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж	187
<b>Лазаренко О.В.</b> Результати тестування фізичних показників газодимозахисників на мобільному тренувальному комплексі	189
<b>Лацівський В.В.</b> Вплив магнезиту на міцність клейових з'єднань алюмосилікатних адгезивів для виробів із деревини	191
<b>Ліхньовський Р.В., Цанко Ю.В., Коваленко В.В., Цанко О.Ю.</b> Окремі аспекти застосування бінарних сумішей HFC-125, HFC-227EA з азотом для гасіння газового горючого середовища	193
<b>Макаренко В.С., Кірєєв О.О.</b> Дослідження вогнегасних властивостей сипких матеріалів на модельному вогнищі пожежі «8В»	195
<b>Машиністов В.Є., Балакін В.Ф., Николаєнко Ю.М., Соловійова І.А.</b> Потенційно ефективний підхід до виявлення мінних полів на основі використання гамма-випромінювання	197
<b>Олійник В.В., Басманов О.Є.</b> Моделювання теплового впливу пожежі розливу на залізничну цистерну	199
<b>Панчишин Ю.І.</b> Рекомендації щодо проведення розрахунку часу захисної дії апарату на стисненому повітрі при виконанні оперативного завдання ланкою ГДЗС	201
<b>Рудаков С.В., Ведмідь А.В.</b> Дослідження алгоритмів прийняття рішень керівника гасіння пожежі при виборі варіанту гасіння пожежі	203
<b>Сенчихін Ю.М., Дендаренко Ю.Ю.</b> Зміст даних оперативної обстановки на пожежі та вимоги щодо них пред'являються	205
<b>Соловійов П.І., Стрілець В.М., Стрілець В.В.</b> Особливості розробки та застосування оперативно-технічної методики скорочення часу гуманітарного підводного розмінування	207
<b>Степанчук С.О., Стрілець В.М., Стрілець В.В.</b> Аналіз закономірностей гуманітарного розмінування радіаційно-забрудненої місцевості	209
<b>Харченко В.С., Фесенко Г.В., Федоренко Г.Л., Ключніков І.М., Толкунов І.О.</b> Роботобіологічні системи для виявлення та ідентифікація вибухонебезпечних предметів	211
<b>Orel S.</b> Combat actions impact on food security of Ukraine	214

#### СЕКЦІЯ 4. ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ

<b>Артем'єв С.Р.</b> Щодо актуальності проведення досліджень різних груп ниткоподібних кристалів	216
<b>Бордун І.М., Мальований М.С., Борисюк А.К., Нагурський Н.О.</b> Структура і адсорбційні властивості магніточутливих вуглецевих матеріалів, синтезованих із соломи пшениці	218
<b>Волков О.О., Красівська Ж.В., Кулик Г.Г., Васильченко О.В.</b> Визначення розподілу навантаження при термофрикційних методах оброблення та зміцнення поверхонь	220

<i>Глушкова Д.Б., Волчук В.М.</i> Оцінка властивостей деталей, зміцнених детонаційним напиленням, з використанням теорії фракталів	222
<i>Горбачова О.Ю., Буйських Н.В., Мазурчук С.М., Ломага В.В.</i> Щодо зміни властивостей деревини осики та вільхи після ацетилювання	224
<i>Гузій С.Г.</i> Визначення хімічної стійкості затверділих радіоактивних відходів в шлаколузній матриці за допомогою тривалого вилугування	226
<i>Дігтяр С.В., Никифоров В.В., Мальований М.С., Гуглич С.І., Krusir G.</i> Ефективна технологія переробки ціанобактерій	228
<i>Карандашов О.Г., Авраменко В.Л., Підгорна Л.П.</i> Розробка епоксидних склопластиків зі зниженою горючістю	230
<i>Курська Т.М., Григоренко Н.В.</i> Визначення впливу магнію гідрофосфату на реологічні властивості вогнезахисних фарб на алюмосилікатній основі	232
<i>Лесько А.С., Мельниченко А.С., Кулаков О.В., Катунін А.М.</i> Реалізація алгоритму прогнозування інтенсивності сорбції небезпечних газоподібних матеріалів	234
<i>Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Кочубей В.В.</i> Дослідження процесів гелеутворення у вогнезахисних композиціях системи золь $\text{SiO}_2$ – фосфатовмісна добавка	236
<i>Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Курепін В.М.</i> Вплив добавок $\text{H}_3\text{PO}_4$ та фенолу на гелеутворення в кремнеземистих вогнезахисних покриттях для будівельних матеріалів	238
<i>Ляшок Л.В., Тульський Г.Г., Васильченко О.В., Доронін Є.В.</i> Електрохімічне одержання оксидів вольфраму з відходів псевдосплаву карбідного типу WC-Co	240
<i>Мазурчук С.М., Горбачова О.Ю., Буйських Н.В., Матвійчук А.В.</i> Щодо міцності клейового з'єднання в різних умовах експлуатації	242
<i>Москаленко О.А.</i> Особливості структур шлаковмісних портландцементів призначених для відновлення зруйнованих бетонних конструкцій та споруд	244
<i>Піскун І.О., Шишкіна О.О.</i> Шляхи підвищення якості екологічного цементу	246
<i>Погрібний М.А., Реброва О.М., Васильченко О.В., Шевченко С.М., Грицай А.О.</i> Поверхнєве зміцнення виробів криволінійного профілю шляхом гартування з нагрівом СВЧ	247
<i>Попов О.О., Ковач В.О., Яцишин Т.М., Пилипчук Є.В., Яцишин А.В.</i> До питання оцінки ефективності захисту матеріалів від радіаційного випромінювання	249
<i>Пурис В.В., Лебедєв В.В., Черкашина М.К., Соколова А.К.</i> Розробка модифікованого агломерату відходів поліамідів: проблеми регулювання та технологічні особливості одержання	251
<i>Сидоренко В.Л., Пруський А.В., Єременко С.А., Власенко Є.А.</i> Радіаційний захист: оцінка радіаційного ризику з огляду загальних принципів	253
<i>Тараненкова В.В., Шарапов М.М., Миргород О.В., Пирогов О.В.</i> Дослідження потрійних сполук системи $\text{CaO-BaO-Al}_2\text{O}_3$ , які можуть використовуватися для отримання глиноземних цементів	255
<i>Трегубов Д.Г., Чиркіна-Харламова М.А., Гапон Ю.К., Змага Я.В.</i> Прогнозування параметрів пожежної небезпеки алканів на підставі моделювання кластерної будови полум'я	257
<i>Трегубов Д.Г., Кірєєв О.О., Слепужніков Є.Д., Борсук О.В., Дадашов І.Ф.</i> Дослідження можливості протікання конденсаційних процесів у фронті полум'я	259
<i>Чиркіна-Харламова М.А., Слепужніков Є.Д.</i> Аналіз ефективності заходів контролю та моніторингу радіаційної безпеки в Україні	261
<i>Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю., Суханевич М.В.</i> Деякі аспекти вогнезахисту бетону застосуванням штукатурки	263

<b>Щеголева М.Г., Васильченко О.В., Дармофал Е.А.</b> Оцінка активності гальванопар з участю амальгамних пломбувальних матеріалів	<b>265</b>
<b>Arduengo F.</b> Agency interoperability pre, during and post CBRN/TIH incidents	<b>267</b>
<b>Cochrane L.</b> Biomedical and chemical countermeasures against risks associated with biodefense threats	<b>269</b>
<b>Cosentino I.</b> CBRN Response under the European flag	<b>271</b>
<b>Haefner A.</b> Next generation 3D radiation mapping and visualization technologies for emergency response	<b>272</b>
<b>Lebedev V., Riabchenko M., Shestopalov O., Tykhomyrova T.</b> Study of electromagnetic radiation absorption by polymer ceramic-inorganic composites	<b>273</b>
<b>Romano L.</b> Preventing mass panic: why it is important to educate the press on core radiological issues and how to do so successfully	<b>275</b>
<b>Rothbacher D.</b> Dry decontamination for immediate and operational (emergency) decontamination in case of chemical incidents involving Chemical Warfare Agents and Toxic Industrial Chemicals	<b>277</b>
<b>Reich WKH</b> Missions of joint chemical, biological, radiological and nuclear defence centre of excellence	<b>278</b>

## СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

<b>Адашевський О.В., Байрачний В.Б.</b> Оцінка впливу на гідросферу місць накопичення твердих відходів кондитерських виробництв	<b>280</b>
<b>Артюхов Є.О., Рашкевич Н.В.</b> Опис передумов використання технологій машинного навчання для виявлення антисоціальної поведінки	<b>282</b>
<b>Боротинець А.Д., Тригуб В.В.</b> Розрахункові значення площі горизонтальної проекції вагітних жінок	<b>284</b>
<b>Букаренко Н.О., Слівна Д.Ю.</b> Впровадження ризик-менеджменту у системі управління охороною праці підприємства	<b>286</b>
<b>Васильєв І.О., Голубець І.М., Бикова О.В.</b> Деякі аспекти управління охороною праці зарубіжних країн	<b>288</b>
<b>Гаврилюк К.Р., Хара Д.А., Рашкевич Н.В.</b> Автоматизація процесу окислення діоксиду сірки	<b>290</b>
<b>Горишнякова Я.В.</b> Визначення критеріїв комплексної оцінки екологічної безпеки відкритого видобування титанової руди при плануванні післяпроектного моніторингу в складі ОВД	<b>292</b>
<b>Гриценко А.В., Маркіна Н.К.</b> Організація оперативного моніторингу довкілля як екологічна основа забезпечення цивільного захисту в умовах катастрофічних ситуацій	<b>294</b>
<b>Дідовець Ю.Ю., Колосков В.Ю., Бандурян Б.Б.</b> Методика дослідження забруднення ґрунту важкими металами в місцях вибухів	<b>296</b>
<b>Карпенко В.Л., Черпаха Р.Е., Рашкевич Н.В.</b> Сутність концепції забезпечення безпеки середовища життєдіяльності	<b>298</b>
<b>Кирилович О.Д., Рашкевич Н.В.</b> Балансування між підвищенням потреб в продуктах харчування та стійким управлінням ґрунтовими ресурсами	<b>300</b>
<b>Клочко Т.О., Уренова А.С., Швідько Д.О.</b> Пооб'єктні підходи до визначення аналітичних екологічних збитків	<b>302</b>
<b>Кондратенко Т.В.</b> Комплексне формування компетентностей з безпеки життєдіяльності та охорони праці майбутніх педагогів у процесі фахової підготовки	<b>304</b>
<b>Кочетов М.С., Тихомирова Т.С.</b> Дослідження впливу відходів споживання кави на рівень рН ґрунтів	<b>306</b>



<b>Крот О.П., Крот О.Ю., Пуховой О.В., Косенко Н.О., Левашова Ю.С.</b> Багатокритеріальний вибір екологічно безпечної технології захисту довкілля при термічному знешкодженні відходів	308
<b>Крючкова В.В.</b> Хімічна обробка джинсових виробів. Вплив на довкілля та здоров'я споживачів	310
<b>Маловик І.В., Скоробогатько Т.М., Стрілець В.В.</b> Особливості діяльності газодимозахисників у засобах бронезахисту	312
<b>Малько О.Д.</b> Вибір математичної моделі прогнозування техногенних небезпек в умовах російської агресії	314
<b>Мальований М.С., Одноріг З.С., Тимчук І.С., Lutek W.</b> Дослідження іонообмінної ємності клиноптилоліту щодо іонів міді в умовах ідеального витіснення та в динамічному режимі	316
<b>Неменуца С.М., Лисюк В.М.</b> Охорона праці під час воєнного стану: психофізіологічні небезпеки	318
<b>Проскурнін О.А., Цанко Н.С., Василенко С.Л., Захарченко М.І., Дем'янова О.О.</b> Встановлення пунктів контролю якості води водних об'єктів при ліквідації наслідків аварії	320
<b>Рейнвальд Б.С., Шилін М.О., Горносталь С.А.</b> Декаплінг-аналіз як критерій еколого-орієнтованого розвитку регіону	322
<b>Рибалова О.В.</b> Небезпека виникнення надзвичайних ситуацій гідрологічного характеру внаслідок змін клімату	324
<b>Рогач Ю.П., Шац Н.Ю.</b> Щодо організації робочого місця та умов праці викладачів кафедри цивільної безпеки	326
<b>Савін П.В., Теняєв С.В., Белюченко Д.Ю.</b> Інтенсифікація зневоднення піску на складах за допомогою вакуумної установки	328
<b>Семигук О.Р., Мацак А.О.</b> Вплив осаду, що утворюється після очищення стічних вод, на навколишнє середовище	330
<b>Смирнов О.М.</b> Технологія розряджання 5,45–14,5-ММ НСЗ за допомогою установки та пластинчатого транспортера ПТ-600	332
<b>Федонюк В.В., Толстушко А.М., Федонюк М.А., Толстушко Н.О.</b> Метеорологічні явища в Луцьку та їх вплив на екологічну безпеку	334
<b>Цимбал Б.М.</b> Шляхи зменшення суб'єктивності до сприйняття професійних ризиків	336
<b>Чеберячко С.І., Шароватова О.П.</b> Небезпечні чинники корпоративної культури організацій як фактори оцінки психосоціальних ризиків	338
<b>Шароватова О.П., Морозов А.І.</b> Гендерна складова розвитку суспільства в контексті впливу на довкілля та його збереження	340
<b>Шумидай І.В., Коніщук В.В.</b> Природоорієнтовані рішення в Україні – аспект адаптації до змін клімату	342
<b>Яцух О.В.</b> ТНС-індекс як інтегральний показник оптимальних умов праці	345
<b>Novalenkov S., Novalenkov S.</b> Numerical modeling of concentration level hazardous chemicals in the air	347
<b>Kondratenko O., Umerenkova K., Koloskov V., Koloskova H., Lytvynenko O., Borysenko V.</b> Implementation of hydrogen storage technology based on metal hydrides into the high-power electric machines cooling systems	349
<b>Kuziakın O., Khrypunov M., Shkoda D., Minakova K., Zaitsev R., Kirichenko M.</b> Thin film CdS/CdTe micromodules	351
<b>Kuznietsov P., Biedunkova O.</b> Water clarification using lime softening and coagulant for water treatment at the power plant	354
<b>Leliuk S., Saprykin R., Minakova K., Zaitsev R., Kirichenko M.</b> Energy generation and storage system for autonomous power supply	355
<b>Векишин В.О., Колосков В.Ю., Колоскова Г.М., Сінческул О.Л.</b> Спосіб приготування металевого носія для каталізатора відновлення викидних газів від оксидів нітрогену	358

*Наукове видання*

*«Problems of Emergency Situations»*

*Матеріали  
Міжнародної науково-практичної конференції  
16 травня 2024 року*

**Problems of Emergency Situations:** Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2024. 367 с.

*укр. і англ. мовами*

**За зміст публікацій відповідальність несуть автори**

61023, Україна, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

Відповідальний за випуск Ю.А. Отрош  
Технічні редактори Н.В. Рашкевич, О.В. Васильченко, Ю.А. Отрош, Ю.В. Михайловська

---

Підписано до друку 08.04.2024

Ум. друк. арк. 42,43

Тир. 100

Ціна договірна

Формат А4

---

Типографія НУЦЗУ, 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

Віддруковано: ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД»  
61024, Харків, вул. Гуданова, 18.  
Тел.: 0800-33-67-62.  
www.madrid.in.ua info@ madrid.in.ua Свідоцтво  
суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4399 від 27.08.2012 року





Національний університет цивільного захисту України – один із найавторитетніших та найстаріших освітніх закладів пожежно-рятувального профілю, знаний не тільки в Україні, а й далеко за її межами, єдиний у системі ЗВО нашої держави, який здійснює підготовку фахівців за всіма рівнями вищої освіти і спеціальностями для органів та підрозділів цивільного захисту України та інших країн.

В університеті функціонують 4 факультети, центри та військова кафедра.

Навчання здійснюється очно та заочно як за державним замовленням, так і за кошти фізичних та юридичних осіб.

Навчання здійснюється за десятима спеціальностями та тринадцятьма освітніми програмами, що зосереджені на підтримку безпеки та добробуту населення.

Військова кафедра (за бажанням).

**ВІЙСЬКОВЕ ЗВАННЯ ОФІЦЕРА ЗАПАСУ ДОЗВОЛИТЬ:**

- служити на умовах контракту на посадах офіцерського складу ЗС України, СБУ, МВС, Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Державної фіскальної служби;  
- працювати в органах державної влади та управління.

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ	ОСВІТНЯ ПРОГРАМА	КОНКУРСНІ ПРЕДМЕТИ ДЛЯ ВСТУПУ НА БЮДЖЕТ	КОНКУРСНІ ПРЕДМЕТИ ДЛЯ ВСТУПУ НА КОНТРАКТ	ІНФОРМАЦІЯ ЗА ТЕЛЕФОНАМИ
<b>ФАКУЛЬТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ</b>				
263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»	Цивільний захист	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Фізична підготовка.	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Українська література або іноземна мова, або біологія, або хімія, або фізика, або географія.	093-595-93-24 Лукиша Роман Тарасович
125 «КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ»	Управління інформаційною безпекою об'єктів критичної інфраструктури	<i>Набір на навчання за державним замовленням не здійснюється</i>		
<b>ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ</b>				
161 «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»	Радіаційний та хімічний захист	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Фізична підготовка.	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Українська література або іноземна мова, або біологія, або хімія, або фізика, або географія.	095-927-58-00 Пліско Юлія Володимирівна 066-526-60-18 Процюк Вікторія Вікторівна
261 «ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА»	Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи			
<b>ФАКУЛЬТЕТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ</b>				
261 «ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА»	Пожежна безпека	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Фізична підготовка.	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Українська література або іноземна мова, або біологія, або хімія, або фізика, або географія.	050-691-29-05 Полупан Вікторія Анатоліївна
122 «КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ	Аудит пожежної та техногенної безпеки Комп'ютерні технології у сфері безпеки			
<b>ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ТА ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ</b>				
053 «ПСИХОЛОГІЯ»	Екстремальна та кризова психологія	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Фізична підготовка.	1. Українська мова; 2. Математика; 3. Історія України; 4. Українська література або іноземна мова, або біологія, або хімія, або фізика, або географія.	067-475-56-97 Крещук Катерина Юріївна
231 «СОЦІАЛЬНА РОБОТА»	Соціальний захист та безпека населення			
101 «ЕКОЛОГІЯ»	Екологічна безпека			
183 «ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»	Техногенно-екологічна безпека			
263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»	Охорона праці			
242 «ТУРИЗМ І РЕКРЕАЦІЯ»	Туризм			066-738-40-14 Мирошніченко Вячеслав Вікторович
				066-914-44-14 Леоненко Неллі Анатоліївна

Відповідальний секретар приймальної комісії: Асоцький Віталій Вікторович 050-251-07-21.

## РАЗОМ ДО ПЕРЕМОГИ !