ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

Проблеми надзвичайних ситуацій

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Черкаси
14 травня 2025 року

УДК 614.8

Редакційна колегія

Ігор ТОЛОК, кандидат педагогічних наук, доцент, лауреат Державної премії України в галузі освіти, Заслужений працівник освіти України, ректор Національного університету цивільного захисту України (Україна).

Євгеній РИБКА, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

Володимир АНДРОНОВ, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національна академія Національної гвардії України (Україна);

Віктор БАНАХ, доктор технічних наук, професор, Запорізький національний університет (Україна);

Андрій БАМБУРА, доктор технічних наук, професор, ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (Україна);

Василь ГОЛІНЬКО, доктор технічних наук, професор, НТУ «Дніпровська політехніка» (Україна);

Олександр ГОЛОДНОВ, доктор технічних наук, професор, ТОВ «Стальпроектконструкція ім. В.М. Шимановського» (Україна);

Юлія ДАНЧЕНКО, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (Україна);

Олександр ДЖУЛАЙ, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Оксана КИРИЧЕНКО, доктор технічних наук, професор, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України (Україна);

Андрій КОНДРАТЬЄВ, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова (Україна);

Олександр ЛАПЕНКО, доктор технічних наук, професор, Навчально-науковий інститут аеропортів Національного авіаційного університету (Україна);

Вадим НІЖНИК, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (Україна);

Юрій ОТРОШ, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Василь ПЕТРУК, доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет (Україна);

Валентин МЕЛЬНИК, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

Микола СУР'ЯНІНОВ, доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна);

Laura COCHRANE, Emergent Countermeasures International Limited Company (UK);

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

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

Augusto GEROLIN, PhD, University of Ottawa (Canada);

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

Luca ROMANO, Avvocato dell'Atomo (Italy);

Dieter ROTHBACHER, CBRN Protection GmbH (Austria);

Leonid SKATKOV, PhD, Ben Gurion University of Negev (Israel);

Erika SUZUKI, Gamma Reality Inc. (USA);

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

Oleh TURUTANOV, PhD, Comenius University (Slovakia);

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

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

Національний університет цивільного захисту України, 2025. 468 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 напрямами: запобігання надзвичайним ситуаціям; моніторинг та управління у сфері цивільного захисту; реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків; хімічні технології та інженерія, радіаційний та хімічний захист; екологічна безпека та охорона праці.

Рекомендовано до друку вченою радою навчально-наукового інституту пожежної безпеки (протокол № 4 від 25.04.2025 р.).

© Національний університет цивільного захисту України

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 форуму, який вже 6-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, нажаль, 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 запропоновані до обговорення у працях 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 запобіганню 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 Литовської Республіки, Сполученого Королівства Великої Британії, Китайської Республіки, Швейцарської Конфедерації, Канади, Чеської Республіки, Італійської Республіки, Республіки Австрії, Ізраїлю, Сполучених Штатів Америки, Республіки Польща, Словацької Республіки, Угорщини.

Окрім цього в конференції взяли участь представники практичних підрозділів: Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України, Державного центру сертифікації ДСНС України, Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування ДСНС України, Департаменту заходів протимінної діяльності апарату Державної служби України з надзвичайних ситуацій, ГУ ДСНС України у Донецькій області, ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області, ГУ ДСНС України у Житомирській області, ГУ ДСНС України у Запорізькій 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, Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Миколаївської міської ради.

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!

Ректор Національного університету
цивільного захисту України,
генерал-майор *Ігор ТОЛОК*

СЕКЦІЯ 1
ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

УДК 614.841

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСУ БЛОКУВАННЯ ШЛЯХІВ ЕВАКУАЦІЇ ТОКСИЧНИМИ ПРОДУКТАМИ ГОРІННЯ ПРИ ПОЖЕЖАХ В ВИРОБНИЧИХ БУДІВЛЯХ ГЕС

Авшаров Д.Г.,
Тригуб В.В., *к.т.н., доцент,*
Мельник В.П., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

В економіці як України, так і Республіки Азербайджан завдання розвитку енергетики є стратегічною, а пожежна безпека об'єктів енергетики та працюючого на них персоналу – актуальною та життєво необхідною.

Аналіз статистичних даних [1] показав, що більш ніж у 70 % випадків причинами загибелі людей на пожежах є отруєння продуктами горіння. Тому у зв'язку з розширенням області використання матеріалів на основі полімерів, горіння та тління яких супроводжується виділенням великої кількості токсичних продуктів горіння, математичне моделювання поширення токсичних продуктів горіння при пожежі на гідроелектростанціях (ГЕС) та розробка ефективних протипожежних профілактичних заходів стає все більш актуальним завданням.

Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення виробничих будівель ГЕС мають забезпечувати безпечну евакуацію людей під час пожежі. Для вирішення цього завдання необхідно вміти достовірно розраховувати динаміку зміни концентрацій токсичних продуктів горіння під час пожежі у приміщеннях ГЕС та на шляхах евакуації.

Моделювання поширення токсичних продуктів горіння під час пожежі на ГЕС спирається на прогнозуванні динаміки небезпечних чинників пожежі (НЧП). Нині математичні моделі розрахунку динаміки НЧП (зокрема і концентрацій токсичних продуктів горіння) у приміщенні досить розвинені на вирішення практичних завдань пожежної безпеки [2–4].

Однак вихідні дані (типове пожежне навантаження) щодо утворення токсичних продуктів горіння, які використовуються при розрахунку НЧП, отримані у 1970–2000 роках і не враховують нові речовини та матеріали (особливо полімерні), що активно використовуються на шляхах евакуації.

Об'єм продуктів горіння визначається хімічним складом твердих і рідких горючих речовин і матеріалів, а також термогазодинамічними умовами пожежі.

Питомі коефіцієнти утворення токсичних газів прийняті постійними і залежними від термогазодинамической картини розвитку пожежі (концентрації кисню, температура тощо). Крім того, у різних базах даних вищевказані коефіцієнти значно відрізняються один від одного, а відомості про теплофізичні та хімічні показники для багатьох сучасних матеріалів відсутні.

Величини питомих коефіцієнтів утворення одержані в маломасштабних експериментальних установках. Однак через неможливість повного виконання положень теорії подоби при переході від маломасштабної моделі до натурного приміщення відсутнє наукове обґрунтування рівності питомих коефіцієнтів утворення в приміщеннях з розмірами, які істотно відрізняються.

Таким чином, розробка моделі розрахунку поширення токсичних продуктів горіння, яка враховує масштабний фактор і дозволяє визначати час блокування шляхів

евакуації токсичними продуктами горіння з метою забезпечення безпечної евакуації людей з виробничих будівель ГЕС, є актуальною науковою та практичною задачею.

Токсичні продукти горіння при пожежі в будівлях і спорудах поширюються досить складно, і процес протікає в термогазодинамічних умовах при одночасному впливі великої кількості чинників (турбулентність, випромінювання, протікання хімічних реакцій тощо) [5–7].

При моделюванні поширення токсичних газів необхідно враховувати наступні параметри: природна конвекція; робота систем димовидалення та припливної вентиляції; робота систем пожежогасіння.

Була удосконалена методика розрахунку поширення токсичних газів під час пожежі, яка полягає в наступному:

1) збір вихідних даних:

– проаналізувавши об'ємно-планувальні та конструктивні рішення виробничої будівлі ГЕС визначається геометрія приміщення;

– виявлення пожежного навантаження (горючі речовини та матеріали), яке знаходиться у виробничій будівлі та визначити їх параметри;

– встановити токсичні гази, які з найбільшою ймовірністю виділяються при пожежі у виробничій будівлі ГЕС;

– проведення аналізу особливостей технічних систем, які знаходяться у виробничій будівлі та забезпечують пожежну безпеку;

– визначити чисельність та місця знаходження обслуговуючого персоналу;

2) вибір сценаріїв розвитку пожежі: виходячи з результатів аналізу різних варіантів розвитку пожежі, обирається найбільш несприятливий (мінімальна критична тривалість пожежі);

3) вибір математичних моделей розрахунку динаміки НЧП: після аналізу особливостей об'ємно-планувальних та конструктивних рішень проводиться вибір математичної моделі [2];

4) отримання експериментальних залежностей щільностей токсичних газів від середньооб'ємної температури та величин питомих швидкостей газифікації горючих матеріалів або визначення питомих масових коефіцієнтів утворення токсичних газів;

5) проведення відповідних розрахунків та аналіз їх результатів;

6) визначити час блокування шляхів евакуації токсичними продуктами горіння у виробничій будівлі ГЕС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Statistics on natural andman-madedis asters of theRepublic of Azerbaijan. URL: https://www.fhn.gov.az/index.php?eng

2. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138

3. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. Зміна № 1. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=102733

4. Полупан В.А., Рашкевич Н.В. Особливості розповсюдження продуктів загоряння. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗУ, 23 лютого 2023. С. 62–63.

5. Hertzberg, N. (2003). Isocyanates in fire smoke can be more dangerous than carbon monoxide. BrandPosten. 28. 8–9.

6. Pauluhn, J.A. (1993). Retrospective Analysis of Predicted and Observed Smoke Lethal Toxic Potency Values. J. Fire Sciences. 11. 2. 109–130.

7. Levin, B.C., Kuligowski, E.D. (2005). Toxicology of Fire and Smoke. Inhalation Toxicology. 2nd Edition. Chapter 10, CRC Press (Taylor and Francis Group), Boca Raton, FL. 205–228.

УДК 614.8

КОГЕНЕРАЦІЙНІ УСТАНОВКИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ПОШКОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Афанасенко К.А., *к.т.н., доцент*
Васильченко Т.П.
Національний університет цивільної захисту України

З початку повномасштабного вторгнення значна частина енергетичних об'єктів були атаковані. Частина була зруйнована. Все це так чи інакше вплинуло на роботу усіх інших, так як більшість енергетичних об'єктів утворюють взаємопов'язані мережі. В випадку теплоджерел одним із найбільш болючих факторів є нестабільність роботи електропостачання, так як значна частина обладнання на котельнях має електроживлення.

Відключення електроенергії на теплоджерелах може призвести до проблем, які будуть потребувати термінових рішень.

В енергетиці від російської агресії найбільше постраждали сектори виробництва та передачі електроенергії. Російська Федерація продовжує здійснювати широкомасштабні цілеспрямовані напади на об'єкти, що забезпечують виробництво, передачу та розподіл електроенергії. За попередніми оцінками, загальний збиток, завданий цим об'єктам, становить майже 6,5 мільярда доларів, усі теплоелектростанції (ТЕС), гідроелектростанції (ГЕС) та 13 теплоелектроцентралей (ТЕЦ), контрольовані Україною з початку загального вторгнення постраждали.

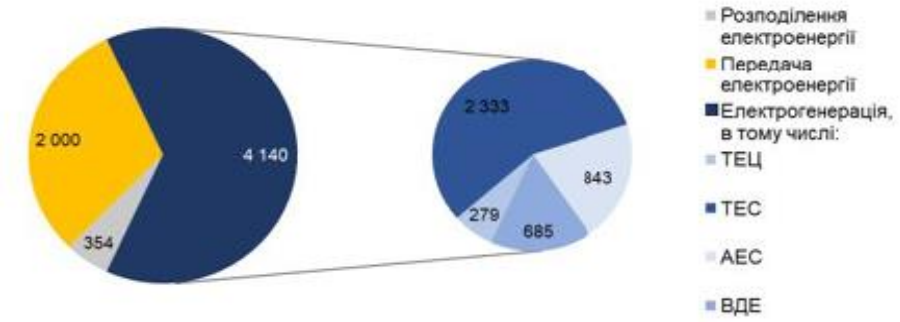


Рис. 1. Прямі інфраструктурні збитки об'єктам електроенергетики.

Значна частина збитків була приписана великим об'єктам виробництва електроенергії. За словами українського прем'єра, в результаті масштабних обстрілів постраждали дев'ять ТЕС, принаймні одна з них була повністю зруйнована прямим ракетним попаданням. Загалом команда проекту оцінює прямі втрати теплової генерації наразі в 2,3 мільярда доларів для ТЕС і 279 мільйонів доларів для ТЕЦ. Прямі збитки від пошкодження гідроелектростанцій та гідроакумулюючих електростанцій (ГАЕС) наразі оцінюються в 464 мільйони доларів. Водночас вартість відновлення втраченої потужності таких електростанцій може значно перевищувати оцінку збитків через сильний фізичний знос, а також технічну застарілість пошкодженого та зруйнованого обладнання.

Крім того, найбільша в Європі АЕС – Запорізька АЕС (до повномасштабного російського вторгнення на ЗАЕС припадало понад 10 % загального виробництва електроенергії українською енергосистемою) – досі окупована російськими військовими, ДП «НАЕК Енергоатом» обмежений контроль. Окупована АЕС не постачає електроенергію, а забезпечує внутрішні потреби через українську енергосистему та в аварійних ситуаціях через дизельні генератори. Міжнародне агентство з атомної енергії та міністерство енергетики назвали ситуацію загрозою ядерній безпеці.

Бойові дії, що тривають на більшій частині території України, та цілеспрямовані широкомасштабні обстріли з боку Російської Федерації також призвели до пошкодження та руйнування об’єктів передачі та розподілу. За попередніми оцінками, прямі збитки операторів систем передачі внаслідок повномасштабного вторгнення склали 2 мільярди доларів США, а прямі збитки операторів систем розподілу перевищили 350 мільйонів доларів США.

Як бачимо зі звіту пошкодження колосальні. Тому проблема забезпечення теплоджерел електроенергією стоїть перед генеруючими підприємствами крайнє гостро. Але і вона має ряд рішень.

Одним з таких є встановлення когенераційних установок на теплоджерела. До позитивних сторін даного рішення належать:

- Ефективність використання пального.
- Економія енергозатрат.
- Незалежність від централізованого електропостачання.
- Зменшення викидів CO_2.
- Підвищення надійності системи.

Але, як і інші об’єкти генерації, когенераційні установки є джерелом пожежної небезпеки. Тому забезпечення їх протипожежного захисту є актуальною задачею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маляренко В.А., Шубенко О.Л., Андрєєв С.Ю., Бабак М.Ю., Сенецький О.В. Когенераційні технології в малій енергетиці : монографія. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова, Ін-т проблем машинобуд. ім. А.М. Підгорного. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. 454 с.

УДК 614.8

ВИПАРОВУВАННЯ СПГ ПРИ РОЗЛИВІ НА НЕПРОНИКНЕНУ ПОВЕРХНЮ

Афанасенко К.А., *к.т.н., доцент,*
Денисенко В.М.
Національний університет цивільної захисту України

Виробництво зрідженого природного газу (ЗПГ) – сектор енергетики, що інтенсивно розвивається. Для забезпечення безпеки на об'єктах цієї галузі потрібне дослідження процесів протікання аварій за участю ЗПГ.

Закономірності зміни параметрів стану виробничого середовища та небезпечних зон при аваріях на об'єктах, на яких обертається ЗВГ, мають низку специфічних особливостей.

Розвиток аварії за участю ЗПГ можна умовно розділити на два етапи: розтікання, що супроводжується кипінням та випаровуванням, а також поширення хмар випаруваного газу.

Для проведення повноцінного дослідження процесів протікання аварій за участю ЗПГ необхідна розробка простих і досить точних методів оцінки впливу аварійних викидів, що визначають величину зон поширення негативних факторів.

В роботі проведено дослідження характеристик об'єктів виробництва, зберігання та транспортування ЗПГ. Проведено аналіз існуючих методик із розрахунку розтікання ЗПГ.

Встановлено, що з погляду оцінки негативного впливу аварій найважливішим є розгляд поширення небезпечної речовини у гравітаційно-інерційному режимі.

У разі виникнення аварії за участю зрідженого газу відбувається його розтікання по підстилаючій поверхні. Рух кріогенної рідини повністю визначається впливом сили тяжіння, при цьому відбувається гальмування за рахунок сил тертя та поверхневого натягу. В рамках перерахованих припущень можливе застосування моделі розтікання горючої рідини горизонтальною поверхнею.

Наведена модель застосовна для опису процесу розтікання зрідженого природного газу з урахуванням того, що зміна об'єму рідини в розливі відбувається не тільки за рахунок витікання з аварійного пошкодження, але й за рахунок випаровування та винесення рідкої дрібнодисперсної фази.

В роботі наведено співвідношення для масової швидкості випаровування на етапі бульбашкового кипіння розливів ЗПГ на непроникні поверхні (кг/(м^2 с)):

$$m(t) = (\lambda c \rho)^{0,5} \Delta T / \left(L_{evap} (\pi t)^{0,5}\right), \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м К), c – теплоємність, Дж/(кг К), ρ – щільність матеріалу підкладки, кг/м^3, ΔT – початкова різниця температур поверхня – рідина, К, L_{evap} – питома теплота випаровування метану, Дж/кг.

Початкова масова швидкість випаровування визначається співвідношенням:

$$m(0) = \alpha (T_0 - T_{boil}) / L_{evap} \approx \alpha \Delta T / L_{evap}, \quad (2)$$

де $\alpha = 300$ Вт/(м^2) для метану, який є основним компонентом зрідженого природного газу.

На завершальному етапі процесу виливання масова швидкість випаровування ЗПГ визначається переважно конвективною складовою, яка визначається співвідношенням:

$$m_k = 0{,}035 w^{0,8} \lambda_{air} \Delta T / \left(L^{0,2} \upsilon^{0,8} L_{evap}\right), \quad (3)$$

де L – діаметр протоки, м; υ – кінематична в'язкість повітря, м^2/с; w – швидкість вітру, м/с; λ_{air} – теплопровідність повітря, Вт/(м·К).

На даний момент існує певна прогалина, пов'язана з відсутністю аналогічного аналітичного рішення для початкового етапу розливу (0<t<100 с). Необхідне емпіричне співвідношення отримано шляхом обробки експериментальних даних. З урахуванням характеру зміни зазначеного параметра запропоновано співвідношення:

$$m(t) = A\left(1 + B\left(1 - (t/100)^{\beta}\right)\right),$$

в якому $A = m(100)$, $B = m(0)/m(100) - 1$ – константи, β – шуканий параметр, що представляє собою константу, яка визначена застосуванням стандартної процедури методу найменших квадратів до всієї відомої вибірки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kalchenko, Y., Afanasenko, K., Minska, N., Kerdyvar, V. (2025). Estimation of the Thermal Influence Size Zones of Oil Spill Fire. In: Kovács, T.A., Stadler, R.G., Daruka, N. (eds) The Impact of the Energy Dependency on Critical Infrastructure Protection. ICCECIP 2024. Advanced Sciences and Technologies for Security Applications. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-78544-3_30

УДК 614.861

ПРОТИПОЖЕЖНА ВОДЯНА ЗАВІСА НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВОДЯНИХ ЗРОШУВАЧІВ

Бенедюк В.С.,
Онищук А.Є.
Національний університет цивільного захисту України

У сучасному будівництві, де фасади будівель часто мають великі площі засклення, ефективний протипожежний захист через віконні прорізи набуває особливої актуальності. Одним із перспективних рішень є використання протипожежних водяних завіс, які здатні запобігати проникненню небезпечних факторів пожежі, таких як теплове випромінювання, дим та відкрите полум'я [1].

Так, наприклад, водяні завіси, створені із застосуванням спринклерів відомоїкомпанії «Tyco Fire Protection Products», здатні захистити засклені конструкції без будь-яких ознак пошкодження протягом двогодинного вогневого впливу, що підтверджено випробуваннями за методиками [2].

У даній роботі представлено результати експериментальних досліджень щодо застосування стандартних горизонтальних водяних спринклерів типу V2710 [3] у вертикальному положенні для створення водяної завіси.

Метою досліджень є визначення ефективності різної орієнтації (горизонтальної чи вертикальної) горизонтального зрошувача при захисті віконного прорізу шляхом аналізу інтенсивності та площі розподілу води.

Експериментальні випробування проводились на випробувальному стенді ВРВ-04.000.ПС з використанням автоматизованої системи керування при трьох рівнях тиску. Методика базувалась згідно ДСТУ EN 12259-1:2019 та методичних рекомендаціях № 92-2007. Для аналізу створено 3D-моделі розподілу води на горизонтальній поверхні та проведено порівняння орієнтацій зрошувача.

Загальний вид форми розпилювання води зі зрошувача за горизонтальної та вертикальної орієнтації в просторі та робочого тиску 8 бар наведено на рис. 8.



а) б)

Рис. 1. Загальний вид форми розпилювання води: а) – у горизонтальній та б) – у вертикальній площинах за його горизонтальної орієнтації у просторі.

Дослідження з визначення розподілу води на горизонтальній поверхні зі зрошувача проводились за трьох значень робочого тиску: (2, 5, 8 бар) з тривалістю подавання води зі зрошувача протягом 10 хв. Значення розподілу води зі зрошувача на горизонтальній площі за горизонтальної та вертикальної його орієнтації та робочого тиску 8 бар наведені на рис. 2.

Ряд	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	2,0	1,6	1,4	1,2	0,0	0,0	0,0
3	0,0	1,1	2,6	6,0	4,7	4,2	3,8	1,7	0,0	0,0
4	0,0	2,1	2,7	7,9	5,1	7,9	6,1	23,7	0,0	0,0
5	0,0	1,6	3,4	8,1	7,0	7,3	6,3	1,8	0,0	0,0
6	0,0	1,5	3,4	9,3	9,1	8,9	6,3	1,6	0,3	0,0
7	0,0	1,9	4,6	10,2	12,0	13,4	8,0	2,4	0,9	0,0
8	0,0	2,3	5,6	10,6	15,7	23,2	12,1	3,9	1,1	0,0
9	0,0	2,5	5,9	12,0	14,8	20,8	18,8	5,5	2,0	0,7
110	0,9	2,1	5,3	12,1	16,8	15,1	18,7	5,6	2,5	1,4

Інтенсивність зрошення кожної ділянки стенда – мм/хв.
Витрата води зі зрошувача – 210 л/хв.
Місце розташування зрошувача.

а)

Ряд	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	19,6	16,7	5,5	5,1	57,2	0,0	0,0	0,0
3	0,0	1,8	19,0	92,8	99,4	93,0	99,9	18,7	1,7	0,0
4	0,0	1,5	17,0	20,8	37,3	55,5	51,8	99,2	1,4	0.0
5	0,0	1,5	2,2	3,4	6,6	22,0	30,0	1,7	0,0	0,0
6	0,0	1,5	3,1	99,7	8,8	12,2	4,0	1,1	0,0	0,0
7	0,0	1,1	1,9	91,3	4,1	3,2	1,3	0,8	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,6	1,3	1,7	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Одиниці виміру інтенсивності зрошення на кожній ділянці – мм/хв.
Витрата води через зрошувач – 210л/хв.
- Місце розташування зрошувача

б)

Рис. 2. Розподіл води: а) на горизонтальній площі зі зрошувача за горизонтальної його орієнтації у просторі, б) на горизонтальній площі зі зрошувача за вертикальної його орієнтації у просторі.

Дослідження показали, що при горизонтальній орієнтації зрошувача інтенсивність подачі води становила 10–20 мм/хв. Сформована площа зрошення була круглою, діаметром до 3 м, але мала зміщення відносно зони захисту.

Вертикальна орієнтація (розеткою вниз), інтенсивність сягала 60–100 мм/хв. Розпилення формувало умовний еліпс, що повністю перекривав віконний проріз.

Дані конфігурації забезпечували понад 90 % зрошення площі прорізу, проте саме вертикальне розміщення зрошувача дозволило створити максимально ефективну водяну завісу без значних втрат води та з найменшим розсіюванням.

Експериментальні дослідження підтвердили доцільність застосування горизонтальних водяних спринклерів у вертикальному положенні для формування водяних протипожежних завіс. З урахуванням простоти реалізації та високої ефективності, цей підхід може стати альтернативним стандартним рішенням у проектах протипожежного захисту. Подальші дослідження доцільно зосередити на визначенні екранувальної здатності таких завіс за впливу теплового випромінювання, диму та руху повітря в приміщеннях.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Київ, 2017. 35 с. (Інформація та документація).

2. ASTM E119-18ce1 Standard Test Methods for Fire Tests of Building. 2018. R. 37.

3. Спринклер стандартний горизонтальний настінний серії V2710 : вебсайт. URL: https://avalonkiev.at.ua › sprink› V2710

УДК 614.841

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕВАКУАЦІЇ ДІТЕЙ В ДОШКІЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

***Бодрик О.О.*[1],**
***Отрош Ю.А.*[2],** *д.т.н., професор,*
***Щолоков Е.Е.*[2]**
[1]*ГУ ДСНС України у Дніпропетровській област*і,
[2]*Національний університет цивільного захисту України*

Одним з пріоритетних завдань державної політики у сфері цивільного захисту України є безпека дітей у дошкільних навчальних закладах під час надзвичайних ситуацій [1–3].

Особливу загрозу для здоров'я та життя дітей становлять пожежі, які можуть виникати внаслідок технічних причин, так і внаслідок військових дій. Актуальність дослідження евакуації дітей під час пожежі зумовлена необхідністю розробки ефективних алгоритмів та удосконалення існуючих методик.

Діти дошкільного віку є особливо вразливою категорією населення, через обмежену здатність до самостійних дій під час надзвичайних ситуацій. Вони потребують постійного супроводу та чітких інструкції від вихователів та персоналу закладу. Крім того, особливості їхньої поведінки, панічні реакції та низький рівень обізнаності щодо правил пожежної безпеки ускладнюють процес евакуації. Саме тому актуальним є використання сучасних програмних засобів, таких як Pathfinder, які дозволяють моделювати сценарії евакуації, аналізувати ризики та пропонувати найбільш ефективні маршрути виходу [4–6].

Окрему увагу слід приділити впливу воєнного стану в Україні на безпеку дітей у дошкільних закладах. Такі умови призводять до підвищеного ризику виникнення пожеж через обстріли, руйнування інфраструктури, збої в роботі електромереж та систем опалення. Також воєнний стан вимагає розробити комплексні плани евакуації, які включають як традиційні протипожежні заходи, так і адаптовані механізми евакуації в умовах загрози ракетних ударів чи вибухів. Ефективним методом для цього, є використання сучасних методів аналізу та моделювання для оптимізації процесу евакуації.

Проаналізовано приклади пожеж з трагічними наслідками, що сталися в навчальних закладах, лікарнях та інших об'єктах з масовим перебуванням людей. Ці події яскраво ілюструють необхідність впровадження ефективних систем протипожежного захисту, проведенню регулярних навчань із евакуації та оснащення будівель сучасними системами протипожежного захисту.

Особливості евакуації дітей у надзвичайних ситуаціях та пожежах. Одним із ключових аспектів дослідження є аналіз поведінки дітей під час евакуації. Зважаючи на їхні вікові та когнітивні особливості, діти потребують особливого підходу. Міжнародні дослідження свідчать про важливість створення безпечного середовища, яке враховує їхню обмежену здатність до орієнтації та підвищену схильність до паніки. У тексті підкреслюється, що сучасні технології моделювання, такі як Pathfinder, дозволяють проектувати ефективні системи евакуації, які базуються на реальних поведінкових даних.

Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє створювати точні моделі евакуації, що враховують різні сценарії, густоту натовпу та фізичні характеристики приміщень. Такі технології забезпечують більш детальне планування евакуаційних маршрутів та вдосконалення протипожежних заходів, особливо для об'єктів з великою кількістю людей [7–10].

Результати моделювання довели необхідність постійного вдосконалення методики підготовки персоналу дошкільних закладів, зокрема вихователів, до дій у надзвичайних

ситуаціях. Було встановлено, що чинні евакуаційні процедури не завжди забезпечують дотримання нормативного часу евакуації, особливо за несприятливих сценаріїв розвитку пожежі.

Отже, тема даного дослідження є актуальною з огляду на необхідність вдосконалення підходів до організації евакуації дітей у дошкільних навчальних закладах. Використання програми Pathfinder дозволить провести детальне моделювання евакуаційних процесів, визначити потенційні загрози та запропонувати ефективні заходи щодо мінімізації ризиків у разі виникнення пожежі, що особливо важливо в умовах воєнного стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Удосконалення системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Комунальне господарство міст, 2025. Том 1, вип. 189. С. 368–376. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-368-376

2. Щолоков Е.Е., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Балдук П.Г. Дослідження ефективності системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Механіка та математичні методи, 2025. Т. 7. № 1. С. 26–47. https://doi.org/10.31650/2618-0650-2025-7-1-26-47

3. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Тригуб В.В. Евакуація при пожежі з дитячих ігрових майданчиків з повністю закритим устаткованням The 12th International scientific and practical conference “Innovative development of science, technology and education” (August 29-31, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. С. 117–122.

4. Щолоков Е.Е., Отрош Ю.А., Майборода Р.І. Моделювання евакуації людей при пожежі за допомогою програмного забезпечення Pathfinder. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація». Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 127–129.

5. Олейник О.С., Отрош Ю.А. Технічні можливості програмного забезпечення Pathfinder Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту. Матеріали міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 174.

6. Рубан А.В., Рашкевич Н.В., Отрош В.Ю. Моделювання евакуації людей при пожежі в програмному забезпеченні PATHFINDER. Modern Technologies for Solving Actual Society’s Problems. Edited by Oleksandr Nestorenko and Iryna Ostopolets. Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. С. 412–420.

7. Кукузенко А.М., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А. Визначення стану безпеки шляхів евакуації. Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах». м. Харків, НТУ «ХПІ», 1–2.12.2022 р. С. 114–116.

8. Хілько Ю.В., Тригуб В.В., Грицина І.М. Моделювання безпечної евакуації людей з висотних будівель при пожежі. Науковий вісник будівництва, 2017. Т. 90. № 4. С. 267–271.

9. 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

10. Майборода Р., Рашкевич Н., Отрош Ю., Сур’янінов В. Забезпечення безпеки евакуації маломобільних груп населення за допомогою пожежних ліфтів. Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С. 112–113.

УДК 699.814

ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ НА ОСНОВІ ГІПСОКАРТОННИХ ПЛИТ

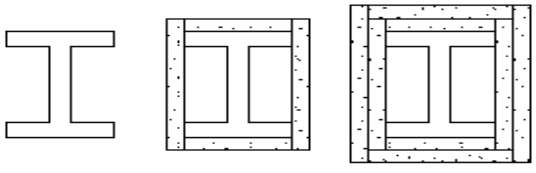
Борсук О.В., *к.т.н.,*
Лешко А.В.
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення вимог вогнестійкості будівельних конструкцій залежать від ступеня вогнестійкості будівлі та регламентується нормативними документами у сфері будівництва, зокрема в [1, 2]. Конструктивним елементом, що належить до найбільш вразливих до дії високих температур є сталеві колони. Показник для I ступеня вогнестійкості для несучих колон становить R 150, а у будівлях IV ступеня вогнестійкості цей показник складає R 15 і передбачає збереження стійкості конструкції протягом мінімум 15 хвилин. Відповідно українських та європейських норм незахищені металеві конструкції при дії стандартного температурного режиму пожежі, здатні виконувати функцію несучої здатності від 5 до 20 хвилин, залежно від таких факторів як товщина профілю, навантаженість, умови обігріву і т.п. Зазначені часові показники стійкості сталевих колон без вогнезахисту відповідають IV ступеня вогнестійкості, а для забезпечення вищих показників вогнестійкості ці конструкцію мають піддаватись вогнезахисту.

До основних способів підвищення вогнезахисту конструкції належить облицювання або нанесення спеціальних покриттів. В якості вогнезахисних систем застосовують матеріали, які за своїм природнім складом відносяться до негорючих і не поширюють вогонь. Серед матеріалів для конструктивного вогнезахисту досить часто застосовують мінеральну вату, гіпсокартон, вермикуліт та інші [3].

Для дослідження вогнезахисних властивостей систем на основі гіпсокартонних плит використовують вогневі випробування та програмне моделювання дослідження стану вогнестійкості конструкції при дії стандартного температурного режиму пожежі. При першому способі враховують сертифікацію та відповідність обладнання за допомогою якого виконують дослідження, а також кліматичні умови за яких їх проводять. При застосуванні програмного моделювання мають чітко задаватись параметри: марка та переріз сталі, товщина шару гіпсокартону, показники теплопровідності та питомої теплоємності, показники текучості сталі при дії високих температуру.

У просторовій моделі розглянуті зразки з покриттям, що має коефіцієнт теплопровідності (гіпсокартону) λ_n=0,15 Вт·м$^{-1}$ °С$^{-1}$, густину ρ_n=800 кг·м$^{-3}$, питома об'ємна теплоємність цього ж матеріалу складає c_{vn}=2,5·10^6 Дж·м$^{-3}$ °С$^{-1}$, питому масову теплоємність для сталі $c_{p,n}$=500 Дж·кг$^{-1}$ °С$^{-1}$.



а *б* *в*

Рис. 1. Переріз зразків колон: а – без вогнезахисного облицювання; б – шар гіпсокартонної плити у 12,5 мм; в – шар гіпсокартонної плити у 25 мм.

При створенні моделювання вогневого впливу на зразки сталевих колон передбачено здійснення теплового впливу за умовами стандартного температурного режиму пожежі за початкової температури в 20 ºС та нормальних кліматичних умов [4].

Зразки колон без вогнезахисного облицювання та з ним (в один шар – 12,5 мм, у два шари – 25 мм) [5], а саме їх перерізи наведено на рис. 1.

За результатами досліджень графічним способом представлено зміну коефіцієнтів зниження несучої здатності колон без облицювання та з облицюванням гіпсокартонної плитами різної товщини, що визначений за (1):

$$k = \frac{R_T}{R_y} k = \frac{R_T}{R_y} k = \frac{R_T}{R_y} \quad (1)$$

де R_T – значення межі текучості сталі за температури T ºC; R_y – значення межі текучості сталі за температури 20 ºC.

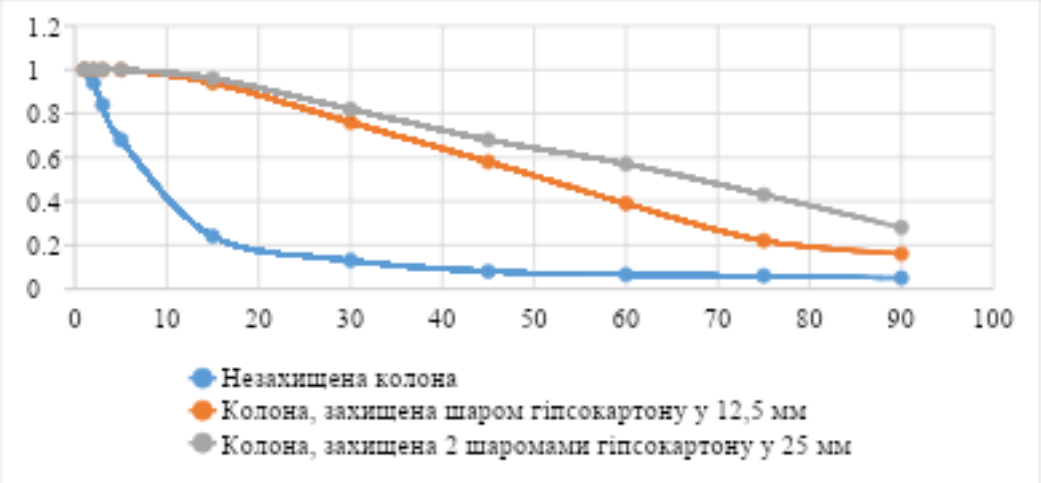


Рис. 2. Зниження коефіцієнта несучої здатності сталевої колон з вогнезахисним облицюванням.

Отже, аналіз представленої на рис. 2 залежності зміни товщини облицювання вказує на ефективність вогнезахисту системою в 1 шар та 2 шари гіпсокартону, що дозволяє підвищити спупінь вогнетійкості сталевих колон гіпсокартонними плитами до класу вогнестійкості R 60.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги».

2. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005, IDT).

3. Розрахунок сталевих конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 3. Практичний посібник до ДСТУ-Н EN 1993-1-2:2010 / Український Центр Сталевого Будівництва. Київ, 2016. 81 с.

4. ДСТУ EN 1363-1:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1363-1:2020, IDT).

5. Rahmanian, I., Wang, Y.C. (2009). Thermal Conductivity of Gypsum at High Temperatures. Acta Polytechnica. 49. 1. 16–20.

УДК 551.4: 911.3

НЕБЕЗПЕКА УТВОРЕННЯ СЕЛЬОВИХ ПОТОКІВ, ЇЇ СКЛАДОВІ ТА МОЖЛИВІСТЬ ЗАПОБІГАННЯ

Буднік С.В., *д.геогр.н., с.н.с.*
Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського

Селепрояв є дуже небезпечним явищем дослідженню якого приділялась значна увага. Взагалі, можна констатувати, що причини й механізми виникнення селів вивчені достатньо добре [1, 2 та інш.], але складність поєднання чинників, що утворюють селі дещо гальмують вирішення питань з їх прогнозуванням та попередженням.

Для фізико-географічних умов України найактуальніші умови виникнення селів пов'язані зі зливами та періодичністю накопичення крихтко-уламкового матеріалу на схилах [2 та інш.]. Тому й попередження про небезпеку повинні формуватися за двома ознаками (зливи й нагромадження уламків у гідрографічній мережі). За рекомендаціями [2] при зливах з кількістю опадів 20 мм й більше за 12 годин у Карпатах слід чекати сходу селів. Однак, не зважаючи, що практично у кожному літньому місяці спостерігається відповідна злива, селеві явища відбуваються з періодичністю у 5–6, 9–11, 15 років на різних водозборах. Тобто, потрібен час на накопичення уламків у гідрографічній мережі для формування селю.

За даними М.М. Айзенберга та ін. в Українських Карпатах переважають водно-кам'яні селі переважно зливового походження, що зароджуються, як правило, у середньогір'ї. Найбільш руйнівними селі бувають у басейні річки Прут, далі йде басейн річки Дністер і менш руйнівні у басейні річки Тиса. Основними селеформуючими факторами є площа водозбору, довжина водотоку, поздовжній нахил, коефіцієнт стоку, кількість опадів, що випали. За даними Карпатської селестокової станції, формування селевих паводків у районі досліджень відбувається при випаданні інтенсивних зливових опадів. Винесення рихлоуламкового матеріалу відбувається за рахунок зриву самовідмостки русла, інтенсивній переробки берегів та підрізання схилів на зсувних ділянках. Селеві потоки, що спостерігаються в даному випадку, є наносоводними.

Для прогнозування селевих процесів необхідно знати інтенсивність надходження твердого матеріалу в руслову мережу та її залежність від таких факторів, як літологія корінних порід та покривних відкладень, морфометричні характеристики водозбору, геоботанічні умови. Ці чинники вважаються постійними. Змінними факторами можна вважати гідрометеорологічні умови та ступінь підготовленості уламкового матеріалу до залучення у селевий потік. Аналіз існуючої системи спостережень за селями показав, що вона більше орієнтована на фіксування наслідків селепрояву, ніж на їх прогнозування. Для переорієнтування системи спостережень за селями на їх прогнозування потрібні: 1) карти розподілу опадів по селенебезпечній території; 2) карти часу добігання води по селевому басейну; 3) відстеження руху крихтко-уламкового матеріалу та грунту по схилах сельового водозбору до гідрографічної мережі та по ній.

Серед факторів утворення крихтко-уламкового матеріалу називають морозне вивітрювання та солефлюкцію, які створюють пухкий матеріал на безлісих, нерідко скелястих схилах. У середньогір'ях і низькогір'ях селеві осередки приурочені, переважно, до ерозійних процесів й пов'язані з розмивом несцементованих порід на нестійких крутих схилах, покритих пухкими відкладеннями терас, осипів, обвалів тощо. Переміщення уламків по схилах може відбуватися не лише за рахунок впливу дощових вод, гравітація й процеси вивітрювання мають тут не останню роль, що підкреслюють й інші автори. На стаціонарі «Ворон» у Криму проводилися режимні спостереження за процесами формування твердої складової селевих потоків. Кількість твердого матеріалу, що надходить, за рахунок змиву і вивітрювання залежить в основному від літології корінних

порід і крутості схилу. Дослідниками виявлено, що найбільш інтенсивно процеси руйнування та подальше транспортування матеріалу відбувається на крутих схилах і по тальвегах балок та ярів крутістю понад 15о. У живленні селів твердою складовою значна роль осипів.

Необхідно організувати режимну мережу для кількісної оцінки інтенсивності денудаційних процесів (вивітрювання та змив); динаміки вологості грунтів та підґрунтя по розрізу схилових і руслових відкладень, температури поверхні грунту, кількості твердого матеріалу, що виноситься, з даного водозбору (наносоуловлювачі, селеуловлювачі). Контроль руху уламків та грунту по поверхні водозбору можливий за допомогою 1) дослідження гравітаційного переміщення уламкового матеріалу на схилах (стеження за переміщенням фіксованих предметів (мічених камінців) по профілях та за допомогою аеро-космічних методів тощо), 2) стеження за вимиванням дрібнозему з поверхні схилів по встановлених профілях, 3) продовження аналізу зміни поперечних перерізів ланок гідрографічної мережі різних порядків для встановлення переміщення відкладень русловою мережею й розрахунку балансу деформацій на ділянках. В перспективі є можливість створення рухливого блоку інформації «стан поверхні» для прогнозування сходу селей при різних селенебезпечних проявах. Для запобігання сходу селів у соціально значимих районах доцільно періодично проводити скиди нагромаджень уламків у гідрографічній мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Budnik, S., Main Factors of Mudflows Formation and Tracking of Movement of Mountain Rock Fragments. International Journal of Mining Science (IJMS). 9(2). 9–12. DOI: http://doi.org/10.20431/2454-9460.0902002

2. Положення про порядок складання та доведення до споживачів попереджень про небезпеку формування селевих потоків в Українських Карпатах. Київ: УГМЦ. 2017. 7 с.

УДК 551.594

ДОСЛІДЖЕННЯ УДАРУ БЛИСКАВКИ У ВИСОКОВОЛЬТНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

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

Дослідження удару блискавки у високовольтні лінії електропередачі є дуже важливим аспектом, оскільки це стосується безпеки та надійності енергетичних систем. Удар блискавки може викликати серйозні пошкодження обладнання, спричинити відключення ліній або навіть привести до аварій.

Блискавка є природним явищем, яке часто може пошкоджувати лінії електропередачі, зокрема в регіонах із частими грозами. Тому важливо досліджувати, як правильно захищати такі лінії від ураження блискавкою.

Лінії електропередачі, зважаючи на їх протяжність, з наземних об'єктів, найчастіше піддаються прямим ударам блискавки. Так, ЛЕП приймають на себе удари блискавок зі смуги землі шириною (4–6) $h_л$ де ($h_л$ – середня висота підвісу проводу ЛЕП). При питомому ураженні ЛЕП рівної 0,1, питома кількість ударів блискавки в лінію електропередачі $N_п$, що припадає на 100 грозових годин, віднесене до 100 км їх довжини визначається як:

$$N_п \approx 4h_л \tag{1}$$

При цьому блискавка може вдарити або в грозозахисний трос ЛЕП, де він є або в опору, або у провід лінії електропередачі. Саме останній варіант є найбільш критичним з погляду вражаючих впливів прямих ударів блискавки в ЛЕП.

В разі удару блискавки в дроти в прольоті між опорами ЛЕП її струм ділиться на дві частини і у вигляді хвиль, що блукають, поширюється по лінії вправо і вліво від місця удару зі швидкістю приблизно рівною (1–1,5) 10^8 м/с.

Удар блискавки в провід ЛЕП можна розглядати як випадок переходу хвилі струму з одного ланцюга (каналу блискавки) з одним хвильовим опором в однопровідний ланцюг з іншим хвильовим опором. У цьому випадку напруга блукаючої хвилі, що розповсюджується по дроту ЛЕП від місця удару блискавки, буде:

$$U = \frac{2I_б Z_{хв} Z_{хб}}{Z_{хв}+2Z_{хб}} \tag{2}$$

де $Z_{хв}$ – хвильовий опір пучка проводів ЛЕП; $Z_{хб}$ – хвильовий опір каналу блискавки; $I_б$ – амплітуда струму в каналі блискавки.

У процесі поширення хвиль перенапруги по проводам відбувається їх трансформація – зменшення амплітуди і збільшення тривалості фронту імпульсу.

Прямий удар блискавки в ЛЕП також призводить до несприятливих впливів на дроти та лінійну ізоляцію цих ліній. Хвилі перенапруги найчастіше викликають виникнення електричної дуги між ураженим проводом та металевою опорою. При цьому в ізоляторах виникають значні теплові та механічні напруги, які можуть призвести до руйнування лінійної ізоляції.

При прямому ударі блискавки у провід дія сильних струмів може викликати відпал і розплавлення дротів, а також виникнення електродинамічних сил, спрямованих уздовж дроту, що в кінцевому підсумку може призвести до їхнього обриву. Статистичні спостереження показують, що при ударах блискавки лінійні дроти рвуться як у прольоті, так і в гірляндах ізоляторів.

Методики дослідження удару блискавки:

– вивчення впливу удару блискавки можна проводити за допомогою лабораторних експериментів, моделюючи удар на відповідних моделях ліній електропередачі;

– використання комп'ютерних симуляцій для прогнозування ефектів блискавки на лінії електропередачі. Це включає моделювання як фізичних, так і електричних характеристик;

– аналіз випадків удару блискавки на вже існуючі лінії дозволяє визначити слабкі місця у конструкції та розробити вдосконалені методи захисту.

До методів захисту ЛЕП від ударів блискавки можна віднести:

– встановлення блискавковідводів на опорах високовольтних ліній. Це дозволяє знизити ймовірність прямого удару блискавки, зокрема за допомогою заземлення;

– використання різноманітних захисних пристроїв для захисту від індукованої напруги, які обмежують величини цієї напругу до безпечного рівня;

– застосування спеціальних ізоляційних матеріалів в проводах і трансформаторах дозволяє зменшити ймовірність пошкодження через блискавку;

– розробка нових технологій для ліній електропередачі, таких як використання композитних матеріалів, що забезпечують додаткову міцність і стійкість до ударів.

Для забезпечення надійності та безпеки енергетичних систем необхідно впроваджувати комплексні методи захисту, що включають установку блискавковідводів, систему заземлення та модернізацію обладнання.

Оскільки удари блискавки є непередбачуваними, важливо проводити постійний моніторинг і оновлення захисних заходів, орієнтуючись на новітні досягнення в технологіях.

Дослідження цієї теми дозволяє значно знизити ризики аварій та пошкоджень в енергетичних мережах, що має важливе значення для забезпечення стабільності електропостачання та пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

2. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): ДСТУ EN 62305-1:2012. [Чинний від 2012-08-01]. (Національний стандарт України).

3. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012. [Чинний від 2012-08-01]. (Національний стандарт України).

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

5. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-4:2012. [Чинний від 2012-08-01]. (Національний стандарт України).

УДК 614.8

ТЕПЛООБМІН ТА НАСЛІДКИ ПОЖЕЖ НА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТАХ НАФТОВОЇ ТА ХІМІЧНОЇ ГАЛУЗЕЙ

Гарбуз С.В., *к.т.н., доцент,*
Карпова Д.І.
Національний університет цивільного захисту України

Під час пожеж на промислових об'єктах нафтової та хімічної галузей виділяється значна кількість тепла, яке частково передається навколишнім об'єктам. Інтенсивність теплового потоку визначається температурою полум'я, його формою та площею, відстанню до нагрітих об'єктів, кутовими коефіцієнтами випромінювання та рівнем чорноти полум'я й поверхонь.

Теплообмін між факелом пожежі та навколишніми об'єктами здійснюється через теплопровідність, конвекцію та випромінювання. З підвищенням температури факела, інтенсивність випромінювання зростає, оскільки збільшується його внутрішня енергія. При температурах понад 600 °С випромінювання стає основним способом передачі тепла, переважаючи теплопровідність і конвекцію. Залежність інтенсивності випромінювання від температури значно сильніша, ніж від інших механізмів теплообміну. Характеристики випромінювання факела та його структура також залежать від складу горючих матеріалів, що використовуються в процесі горіння.

Особливо важливим є дослідження теплового потоку факела в умовах обмежених чи відкритих просторах, таких як горіння будівель, споруд, складів горючих матеріалів або резервуарів. У таких ситуаціях передача тепла через випромінювання може спричинити руйнування об'єктів, їх поломку, втрату працездатності, а також виникнення нових пожеж або вибухів. Особливу небезпеку це створює під час надзвичайних ситуацій, зокрема, в умовах воєнних дій. Вибухи та пожежі, викликані тепловим впливом, можуть мати серйозні наслідки для життєдіяльності населення, ускладнити роботу рятувальних служб і техніки, а також заважати проведенню заходів з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Одним з таких прикладів є пожежа на нафтобазі у Немишлянському районі Харкова, яка виникла через обстріл міста дронами-камікадзе в ніч на 10 лютого 2024 року (рис. 1).



Рис. 1. Пожежа на нафтобазі ТОВ «ХНБ-Резерв» (м. Харків).

Потужний тепловий вплив у процесі пожеж призводить до руйнування будівельних конструкцій через перегрів, розширення вогнища займання через запалення прилеглих об'єктів, деформації металевих конструкцій та втрати їхньої несучої здатності, ризику вибухів через нагрівання контейнерів з горючими речовинами. Умови на об'єктах нафтової та хімічної галузей ускладнюють боротьбу з пожежами: велика кількість

легкозаймистих речовин, можливість утворення вибухонебезпечних сумішей, токсичні викиди, які ускладнюють роботу рятувальних служб.

Таким чином, випромінювання факела не тільки шкодить здоров'ю та життю людей, а й ускладнює роботу пожежних підрозділів, техніки та мобільних модулів, призначених для гасіння пожеж у складних умовах, таких як обстріли чи руйнування об'єктів в результаті бойових дій.

Для зниження ризиків необхідно:

- використовувати вогнестійкі матеріали в будівництві,
- встановлювати системи автоматичного пожежогасіння,
- проводити регулярні навчання персоналу щодо дій у разі пожежі,
- організовувати системи контролю витоків горючих речовин.

Пожежі на промислових об'єктах нафтової та хімічної галузей створюють надзвичайно високий ризик через інтенсивний теплообмін, який призводить до швидкого поширення вогню, руйнування конструкцій та ймовірності вибухів. Запобігання таким надзвичайним ситуаціям потребує комплексного підходу, включаючи профілактичні заходи, удосконалення технологій безпеки та підвищення рівня підготовки персоналу.

Пожежі на об'єктах зберігання нафти та нафтопродуктів є одними з найскладніших з точки зору тактики гасіння [1]. Вони можуть мати затяжний характер, потребують залучення значних ресурсів та спеціалізованих підрозділів для їх ліквідації. Крім того, такі пожежі можуть спричинити руйнування інфраструктури, забруднення навколишнього середовища та створити небезпеку для життя і здоров'я людей. Складнощі тактичного характеру при гасінні пожеж на об'єктах зберігання нафти та нафтопродуктів, підкреслюється їх значення для паливно-енергетичного комплексу та потенційні ризики для навколишніх територій.

Велика увага приділяється аналізу оперативних дій підрозділів ДСНС під час гасіння пожеж на складах нафтопродуктів, що виникли внаслідок обстрілів, з метою розробки методичних рекомендацій щодо порядку гасіння пожеж в умовах ведення бойових дій, аналізують труднощі, з якими стикаються рятувальні служби, зокрема руйнування об'єктів, високий ризик вибухів і розливів горючих матеріалів [2].

Отже, пожежі на промислових об'єктах нафтової та хімічної галузей створюють серйозну загрозу через інтенсивний теплообмін, що призводить до швидкого поширення вогню, руйнування конструкцій та підвищення ризику вибухів. Це значно ускладнює ліквідацію таких пожеж, особливо в умовах бойових дій, коли рятувальні підрозділи працюють у зоні постійного ризику.

Особлива увага повинна приділятися розробці методичних рекомендацій для ДСНС, які враховують специфіку гасіння пожеж у зоні бойових дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабаджанова О.Ф., Гриник Л.І. Небезпека пожеж на об'єктах зберігання нафти і нафтопродуктів. Сучасні проблеми пожежної безпеки: зб. наук. праць / за ред. А.М. Шевчука. Львів: Вид-во ЛНУ, 2022. С. 113–119.

2. Ніжник В.В., Климась Р.В., Одинець А.В. Гасіння пожеж на складах нафти та нафтопродуктів в умовах ведення бойових дій : зб. матер.доп. учасн. XIII Міжнар. наук.-практ. конф. Черкаси : ЧІПБ, 2022. С. 30–32.

УДК 614.8

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СТАЦІОНАРНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Гаврилюк К.Р.,
Підкопай К.Ю.,
Андрєєва Л.І.
Національний університет цивільного захисту України

Стаціонарні системи автоматичного водяного пожежогасіння (АВП) є ключовим елементом забезпечення пожежної безпеки на об'єктах різного призначення. Вони відіграють вирішальну роль у запобіганні поширенню вогню, мінімізації збитків і захисті людей. Проте ефективність цих систем залежить від багатьох факторів, таких як технологічні рішення, швидкість реагування, якість обладнання та відповідність сучасним нормативним вимогам. У цій доповіді розглянуто основні напрямки удосконалення стаціонарних систем АВП з урахуванням новітніх технологій та актуальних тенденцій у галузі пожежної безпеки.

Аналіз існуючих систем автоматичного водяного пожежогасіння.

На сьогодні основними типами систем автоматичного водяного пожежогасіння є:

– спринклерні системи, які є найбільш поширені, активуються під впливом високої температури і подають воду на вогнище загоряння через спринклери;

– дренчерні системи – використовуються для захисту великих площ, розпилюючи воду одночасно по всій зоні ураження;

– імпульсні системи – менш поширені, працюють за принципом подачі води короткими імпульсами для підвищення ефективності пожежогасіння.

Основними недоліками традиційних систем є значне споживання води, повільний час реакції в окремих випадках, а також можливість значного водяного збитку, особливо в приміщеннях з чутливою технікою або цінними матеріалами.

Основними напрямками удосконалення стаціонарних систем автоматичного водяного пожежогасіння є використання інтелектуальних технологій та автоматизації; впровадження штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє оптимізувати роботу пожежогасіння; використання термальних датчиків та аналітики відеоспостереження для раннього виявлення загоряння; інтеграція розумних систем управління для аналізу динаміки пожежі та коригування подачі води; використання технологій Інтернету речей (IoT) для віддаленого моніторингу стану системи та своєчасного виявлення несправностей.

Для оптимізації витрати води та підвищення ефективності гасіння необхідно використовувати аерозольні технології у комбінації з традиційним водяним гасінням, які дозволяють зменшити витрати води та підвищувати ефективність гасіння; застосовувати імпульсне розпилення води, що дозволяє ефективніше охолоджувати приміщення та запобігати повторному займанню; використовувати водяний туман, який значно знижує витрати води та ефективніше поглинає теплову енергію.

З урахуванням сучасних екологічних вимог, важливим напрямком розвитку є застосування екологічно безпечних рішень:

– використання біорозкладних добавок, які збільшують змочувальні властивості води та знижують її витрати;

– оптимізація систем фільтрації та повторного використання води в автоматичних установках пожежогасіння;

– використання очищеної та збагаченої води, що покращує ефективність гасіння.

Для очищення стічних вод, застосовується один із багатьох методів очищення - екстракційний метод із застосуванням екстракційної колони, при концентрації органічних

речовин у стічних водах понад 2 г/л. При подачі екстрагенту він розчиняє органічні сполуки, які містяться в стічних водах. Після розчинення органічних сполук їх концентрація в екстрагенті суттєво перевищує концентрацію в стічних водах. Надалі екстрагент виділяють зі стічних вод, регенерують, вилучають з нього органічні сполуки і знову використовують для очищення.

До екстрагенту, який застосовують для очищення стічних вод, висувають такі вимоги: він має добре розчиняти органічну речовину, що вилучається, і не розчинятися у воді. Густина екстрагенту повинна бути більше густини води для їхнього відносно простого розділення. Крім того, бажано, щоб регенерація розчинника здійснювалася легкодоступними методами без втрат екстрагенту.

При очищенні стічних вод, як екстрагенти, застосовують хлороформ, чотирихлористий вуглець, диізопропіловий і дибутиловий ефіри, бутилацетат, бензол, толуол, тощо. Технологія очищення стічних вод складається з таких послідовних операцій: змішування стічної води з екстрагентом, максимально можливого виділення екстрагенту після розчинення органічних сполук, видалення екстрагенту та його регенерації. Для змішування екстрагенту з водою у промислових умовах використовують метод протитечійної екстракції, при якому екстрагент і вода рухаються назустріч один одному. При цьому стічні води, як більш легка фаза, рухаються знизу вгору, а екстрагент – зверху вниз [1].

Покращення надійності та адаптивності систем автоматичного водяного пожежогасіння:

– використання резервних джерел водопостачання, які забезпечують безперебійну роботу у разі відмови основного джерела;

– розробка адаптивних систем пожежогасіння, які можуть змінювати параметри роботи залежно від умов пожежі (температура, тип матеріалу, площа загоряння);

– впровадження енергоефективних насосних станцій та автоматизованих клапанних систем для швидкого реагування на пожежу.

Перспективи розвитку та впровадження новітніх технологій. З огляду на динаміку розвитку технологій, у майбутньому можна очікувати масове впровадження штучного інтелекту для аналізу ризиків та автоматичного коригування роботи систем пожежогасіння. Розвиток бездротових датчиків і сенсорних мереж, що дозволить оперативніше виявляти пожежу та покращити управління системою. Використання роботизованих систем пожежогасіння, які можуть самостійно орієнтуватися в приміщенні та направляти струмінь води у вогнище загоряння. Розширення можливостей водяного туману та аерозольних систем, що забезпечить високу ефективність гасіння з мінімальними витратами води. Перспективи розвитку цієї галузі відкривають нові можливості для створення інноваційних, більш ефективних та адаптивних систем пожежогасіння, що сприятиме покращенню загальної безпеки об’єктів та захисту людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смирнов В.О., Білецький В.С. Флотаційні методи збагачення корисних копалин. Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. 492 с.

2. Антошкін О.А., Бондаренко С.М., Дерев’янко О.А. Сучасні засоби автоматичного пожежогасіння: Х.: НУЦЗУ, 2018. 271 с.

УДК 614.841

ОСОБЛИВОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ У БУДІВЛЯХ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ

Гречка Н.В.,
Гой Т.О.,
Демидченко А.І.,
Виливок О.С.,
Лєсніченко Т.Ю.,
Мигаленко К.І., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення пожежної безпеки в будівлях з масовим перебуванням людей є одним із пріоритетних завдань у сфері цивільного захисту. Статистика пожеж у громадських будівлях свідчить про те, що ефективне протипожежне водопостачання часто стає вирішальним фактором у запобіганні людським жертвам та значним матеріальним збиткам.

Згідно з нормативними документами, до будівель з масовим перебуванням людей відносяться об’єкти, де одночасно може перебувати 50 і більше осіб [1]. Це торговельно-розважальні центри, готелі, ресторани, театри, кінотеатри, навчальні заклади, лікарні, спортивні споруди тощо. Особливістю таких об’єктів є наявність значної кількості людей, які можуть бути не знайомі з планом будівлі та шляхами евакуації, тому під час пожеж у таких будівлях виникають небезпечні ризики для великої кількості людей [1].

Протипожежне водопостачання у будівлях з масовим перебуванням людей включає зовнішнє та внутрішнє протипожежне водопостачання.

Зовнішнє протипожежне водопостачання призначене для забезпечення водою пожежних автомобілів, які прибувають на гасіння пожежі [2]. Основними елементами цієї системи є:

- міський водопровід з пожежними гідрантами;
- природні водойми (річки, озера, ставки);
- штучні водойми (пожежні резервуари).

Вибір джерела залежить від місця розташування будівлі, наявності міських мереж водопроводу, об’єму води, необхідного для гасіння пожежі. Для будівель з масовим перебуванням людей важливо забезпечити не менше двох незалежних джерел водопостачання, щоб підвищити надійність системи [3].

Внутрішнє протипожежне водопостачання призначене для гасіння пожежі на початковій стадії її розвитку силами персоналу об’єкта, а також для забезпечення роботи пожежно-рятувальних підрозділів всередині будівлі і включає:

- пожежні кран-комплекти, укомплектовані рукавами та стволами;
- трубопроводи для подачі води до пожежних кран-комплектів;
- насосні установки для підвищення тиску (за необхідності).

Системи ВПВ можуть бути кільцевими або тупиковими. Для будівель з масовим перебуванням людей перевага надається кільцевим системам, які забезпечують більшу надійність [4].

Протипожежне водопостачання в готельно-ресторанних комплексах має ключове значення для забезпечення безпеки людей та збереження майна у разі виникнення пожежі. Готельно-ресторанні комплекси характеризуються наявністю різних за призначенням приміщень – житлових номерів, ресторанів, конференц-залів [5]. Тому особливостями протипожежного водопостачання для них є:

- диференційований підхід до різних зон;

- обов’язкове обладнання номерів автономними пожежними сповіщувачами;
- особливі вимоги до кухонних приміщень (спеціальні гасильні речовини);
- резервування запасу води для автономної роботи системи.

Але, при проєктуванні та експлуатації систем протипожежного водопостачання в будівлях з масовим перебуванням людей часто виникають такі проблеми:

- недостатній тиск у міському водопроводі;
- обмежені площі для розміщення резервуарів та насосних станцій;
- висока вартість обладнання та монтажу;
- ймовірність хибних спрацювань автоматичних систем пожежогасіння.

Тому, задля підвищення надійності систем протипожежного водопостачання можуть застосовуватися такі рішення:

- встановлення насосних станцій підвищення тиску з автономними джерелами електроживлення;
- оптимізація об’ємно-планувальних рішень на стадії проектування для виділення приміщень під резервуари та насосні станції;
- використання сучасних матеріалів та обладнання для зниження вартості монтажу та експлуатації.

Отже, протипожежне водопостачання є необхідною складовою комплексу протипожежного захисту будівель з масовим перебуванням людей. Ефективність таких систем залежить від правильного проектування, якісного монтажу та регулярного технічного обслуговування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пожежна безпека об’єктів з масовим перебуванням людей. URL: https://oppb.com.ua/news/pozhezhna-bezpeka-obyektiv-z-masovym-perebuvannyam-lyudey-0

2. Тищенко Є.О., Ленартович Є.С., Мигаленко К.І., Мигаленко О.І. Спеціальне водопостачання: підручник. Черкаси: ЧІПБ, 2016. 220 с.

3. Кравченко І.Г., Ковалишин В.В. Пожежна безпека об’єктів підвищеної небезпеки. Львів: Видавництво Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2019. 268 с.

4. Михайлюк О.П., Олійник В.В. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Харків: НУЦЗУ, 2020. 196 с.

5. Березюк О.В., Лемешев М.С. Безпека життєдіяльності. Вінниця: ВНТУ, 2021. 144 с.

УДК 614.841

АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Грищенко А.А.,
Рашкевич Н.В., *PhD,*
Отрош Ю.А., *д.т.н., професор*
Національний університет цивільного захисту України

Об'єкти критичної інфраструктури забезпечують громадську безпеку та добробут населення. В умовах бойових дій такі об'єкти особливо вразливі до динамічних навантажень вибухового типу, спричинених ракетними ударами, артилерійськими обстрілами. Зазначені навантаження не тільки завдають руйнувань, але й створюють умови для виникнення масштабних пожеж, які становлять загрозу для життя людей та стабільного функціонування об'єктів. Підвищення ефективності пожежної безпеки в умовах таких загроз стає пріоритетним напрямом забезпечення стійкості об'єктів критичної інфраструктури.

Збройні конфлікти, що супроводжуються масованими обстрілами та вибухами, створюють умови для виникнення та поширення пожеж [1, 2]. Вибухові навантаження значно підвищують ризики руйнування конструкцій та виходу з ладу систем пожежогасіння, ускладнюючи своєчасну локалізацію небезпеки та евакуацію персоналу. Крім того, бойові дії часто створюють ситуації, коли традиційні методи пожежогасіння стають малоефективними через пошкодження комунікацій або обмежений доступ до об'єктів. У зв'язку з цим виникає необхідність підвищення ефективності пожежної безпеки, що враховує специфічні умови бойових дій.

Під час вибухів виникає одночасний вплив кількох руйнівних факторів, які значно підвищують ризик небезпеки на об'єктах критичної інфраструктури.

Одним із таких факторів є ударна хвиля, яка поширюється з величезною швидкістю. Ударна хвиля може пошкодити будівельні конструкції, спричиняючи тріщини та обвали.

Вибухи генерують осколки та уламки, які розлітаються на великі відстані і можуть пошкодити обладнання та системи протипожежного захисту. Уламки також можуть блокувати евакуаційні шляхи та виходи, створюючи небезпеку для людей [3].

Високі температури сприяють займанню легкозаймистих матеріалів, як наслідок, – новий осередок пожежі. Термічний вплив може призводити до теплового розширення металевих конструкцій, викликаючи їх деформацію та можливе обвалення [4, 5].

Імпульсні навантаження, які супроводжують вибух, можуть ослаблювати кріплення будівельних конструкцій, викликати деформацію балок та колон.

Вибухи на об'єктах часто порушують системи комунікацій. Пошкодження електропостачання може вивести з ладу системи вентиляції, освітлення та автоматизації, ускладнюючи контроль за пожежною ситуацією. Крім того, пошкоджена водопровідна мережа залишить системи пожежогасіння без води, що ускладнює гасіння пожеж. У деяких випадках вибухи можуть спричинити вторинні вибухи на об'єктах, де зберігаються небезпечні речовини, що збільшує масштаби руйнувань.

Для ефективного захисту об'єктів критичної інфраструктури необхідно проводити моделювання поведінки конструкцій під впливом вибухів [6].

Використання натурних експериментів у дослідженнях, пов'язаних із захистом об'єктів критичної інфраструктури від вибухових навантажень, через загрозу життю людей, а також великих матеріальних збитків, є неприпустимими. Експериментальне відтворення вибухових навантажень у реальних умовах потребує значних зусиль і обмежує можливість контролю за безпекою.

Також натурні експерименти не завжди можуть надати точну інформацію про поведінку конструкцій, оскільки їх результати можуть бути впливом численних факторів, таких як матеріали, конструктивні особливості, метеорологічні умови та багато інших. Це може ускладнити аналіз отриманих даних і призвести до невірних висновків.

Використання комп'ютерного моделювання, зокрема, програмного комплексу ЛІРА-САПР, є більш доцільним та безпечним методом для оцінки поведінки конструкцій під впливом вибухових навантажень. Комп'ютерне моделювання дозволяє точно відтворювати різні сценарії, враховувати ряд параметрів та проводити серію аналізів без ризику для людей. Завдяки цьому можна отримати детальні і надійні результати, що сприятиме розробці ефективних заходів для підвищення пожежної безпеки на об'єктах критичної інфраструктури.

Таким чином, одночасний вплив ударної хвилі, високих температур, уламків та осколків, імпульсних навантажень створює складні умови для забезпечення пожежної безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Програмний комплекс ЛІРА-САПР є важливим інструментом для моделювання поведінки конструкцій під впливом вибухових навантажень. За результатами моделювання можна розробити ефективні конструктивні рішення, які підвищують стійкість об'єктів до руйнівних факторів, зокрема шляхом оптимізації розташування несучих елементів та підбору матеріалів з підвищеною вогнестійкістю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І. Вогнестійкості вогнезахищених залізобетонних конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2022. № 2(36). С. 102–122. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17038

2. Рашкевич Н.В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст, 2023. Том 4, вип. 178. С. 232–251. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251

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. Полупан В.А., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Щолоков Е.Е. Вогнестійкість будівельних конструкцій як елемент системи пожежної безпеки. The I International Scientific and Practical Conference «Current trends in the development of modern scientific thought», September 27–30, 2022, Haifa, Israel. С. 495–497. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15854

5. Полупан В.А., Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В. Критерії вибору способу вогнезахисту будівельних конструкцій: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення», м. Львів, 12–13 жовтня 2022 р. С. 77–79. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15974

6. Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Ромін А.В. Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. Механіка та математичні методи: науковий журнал. Одеса: ОДАБА, 2023. Вип. 2. С. 25–40. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40

УДК 662.613

ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТИ ОСНОВНИХ ІНГРИДІЄНТІВ АНТИПИРЕНОВ

Дагіль В.Г.,
Даник О.М.,
Кучер Г.І.
Національний університет цивільного захисту України

Обробка будівельних матеріалів та конструкцій вогнебіозахистними речовинами підвищує їх надійність та довговічність і переводе матеріали з класу Т3 (високо небезпечні) до класу Т2 (помірно небезпечні) відповідно до ДБН В.1.1-7- 2016 «Пожежна безпека обєктів будівництва» [1]. Це позитивно впливає на HCL50 - величину інтегрального показника токсичності продуктів горіння, який застосовується для класифікації небезпеки полімерних матеріалів. Відповідно до Наказу від 07.06.2006 № 369, Методичні вказівки «Показник токсичності продуктів горіння» [2], HCL_{50} характеризує фізико-хімічні властивості матеріалів, їх горючість, але це не єдиний критерій небезпеки хімічного забруднення, при роботі рятувальників, які за своєю професійною діяльністю піддаються впливу токсичних продуктів горіння.

Вогнебіозахисні засоби доступні у формі вогнезахисних фарб, спреїв, пін і порошків, спучуючих сумішей. Найпоширеніші з них:

– антипірени на основі азоту,
– антипірени на основі фосфору,
– галогені антипірени,
– неорганічні антипірени та антисептики,
– гідроксидні антипірени,
– боратні антипірени,
– неорганічні металеві антипірени.

Проаналізуємо найпоширеніші інгредієнти антипіренів:

− *Поліфосфат амонію - I (APPI) і II (APPII)* використовується в якості антипірену в покриттях на основі розчинника та на водній основі та в ненасичених поліефірах, епоксидних покриттях, поліуретанах і гнучких і жорстких уретанових пінах.

− *Поліфосфат меламіну* - широко застосовується у всіх видах синтетичної смоли, таких як: поліетилен, поліпропілен, полістирольна смола, полікарбонат, поліуретан, EVA, термопластичний еластомер для антипіренів.

− *Пірофосфат меламіну* - це безгалогенні вогнезахисні речовини, широко застосовуються в гумі, пластмасі, фарбі, текстильних тканинах, дереві, папері, клеї, має високу термостабільність, низьку розчинність у воді, відмінну властивість вогнестійкості.

− *Хлорований парафін 70 %* використовується, як антипірен для гумових та пластмасових виробів, матеріал вогнезахисного кабелю, вогнезахисне покриття у волокнистій та інших галузях промисловості як пластифікатор.

− *Моно пентаеритротол* використовується як сировина алкідної смоли, модифікованої каніфолі та сухої олії, спеціальних лаків; пластифікатори; синтетичні мастильні матеріали; вибухівки; покриття та фарбування.

− *Борат цинку* використовується як консервант у полімерах і покриттях, захищає матеріали від руйнування, викликаного хімічними речовинами, вологою та факторами навколишнього середовища; консервант для текстилю, деревини та будівельних матеріалів завдяки своїм бактерицидним і протигрибковим властивостям.

− *Формальдегід* широко застосовується у промисловості, зокрема для виробництва полімерних матеріалів, багатоатомних спиртів, ізопрену та інших продуктів, а також використовується як дезінфікуючий та консервуючий засіб.

В Україні всі вогнезахисні матеріали підлягають сертифікації за двома основними групами протипожежної безпеки (1 – стійкість до згоряння, 2 – стійкість до займання) – це **Сертифікати пожежної безпеки та** на відповідність безпеки для здоров'я – це Гігієнічний висновок МОЗ України.

Для доступу на ринок Європейського Союзу обов'язковою є СЕ сертифікація (Conformité Européenne) вогнебіозахистних речовин, що свідчить про їх відповідність європейським технічним стандартам, а для інформації про небезпеку, поводження, зберігання та екологічний вплив хімічних речовин – **Паспорт безпеки матеріалу (SDS – Safety Data Sheet).**

Ці документи відрізняються вимогами до окремих компонентів антипіренів та антисептиків та їх концентрацій, що є предметом подальших досліджень, та гармонізації питань вогнезахисту та безпечності у напрямку гармонізації з європейськими стандартами та їх адаптацією до існуючого законодавства України.

Висновки. З урахуванням опублікованих результатів хіміко-аналітичних досліджень [3, 4] незважаючи на те, що антипірени та антисептики надають низку переваг при додаванні до певних матеріалів, отримали висновки, що окремі інгредієнти, можуть негативно впливати на здоров'я. Такі речовини, як х*лорований парафін, формальдегід, борат цинку* при високотемпературній деструкції їх токсичність може суттєво зростати. Тому є необхідність додаткових досліджень по визначеню концетрації шкідливих інгридієнтів оптичними методами технічного аналізу, що планується виконати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1-7:2016. К. : Мінрегіон України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2017. 47 с.

2. Наказ Міністерства охорони здоров'я від 07.06.2006 № 369 Про затвердження методичних вказівок «Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів».

3. Масюров В.Ю., Осипчик В.С., Єгоров П.Г., Лебедєва О.Д. Дослідження впливу наповнювача на властивості ПВХ композицій. Ж. Пластичні маси, 2005. № 2. С. 44–45.

4. Plastics Flammability Handbook. Principles, Regulations, Testing, and Approval. 3rd ed. / Ed. by Jurgend Troitzsch. Munich: Carl Hanser Verlag, 2004. 718 p.

УДК 614.8

ІНТЕГРАЦІЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ У СИСТЕМУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Дармофал Е.А., *к.т.н., доцент,*
Кручина В.В., *к.т.н., доцент,*
Клеєвська В.Л.
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

Статистичні дані Державної служби України з надзвичайних ситуацій підтверджують постійну тенденцію до виникнення значної кількості надзвичайних ситуацій (особливо НС техногенного і природного характеру) на території України (табл. 1).

Таблиця 1. Кількісні показники надзвичайних ситуацій, що виникли в Україні за 2019–2023 роки [1, 2, 3]

Дані про надзвичайні ситуації	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Загальна кількість НС:	146	116	124	66	109
в тому числі					
Техногенного характеру	60	47	53	33	48
Природного характеру	81	64	65	30	60
Соціального характеру	5	5	6	2	1
Воєнного характеру	0	0	0	1	*

Вказана ситуація створює серйозні виклики для системи цивільного захисту нашої держави. Стратегія громадської безпеки і цивільного захисту України [4] ґрунтується на принципах пріоритетності превентивних заходів, стимулюванні особистої відповідальності людини за формування безпекового середовища, наукової обґрунтованості та комплексності підходів до формування безпекового середовища.

В контексті євро інтеграції Україна має адаптувати свою систему безпеки до стандартів Європейського Союзу, це передбачає впровадження сучасних методів управління ризиками, цифровізації процесів моніторингу та міжнародної координації дій з попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій. Важливим кроком на цьому шляху є гармонізація національного законодавства з Європейським механізмом цивільного захисту (UCPM), який визнаний найбільшою в світі системою міжнародної координованої допомоги під час надзвичайних ситуацій. 20 квітня 2023 року було підписано угоду про вступ України до UCPM [5]. Повноправне членство в цій організації дозволить підвищити рівень стійкості держави в умовах надзвичайних ситуацій, забезпечити належний рівень підготовки кадрів, а також сприяти інтеграції України в міжнародну систему безпеки.

Ефективність колективного підходу до проблем цивільного захисту, що ґрунтується на принципах раннього попередження, підвищення стійкості та міждержавної взаємодії, доведено світовою практикою. Дослідження з цієї тематики активно проводяться в рамках міжнародних програм, наприклад EU Civil Protection Mechanism та Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. Ці програми визначають стратегічні підходи до управління ризиками та забезпечення оперативного реагування на надзвичайні ситуації [6]. Надзвичайно важливими для прогнозування та мінімізації негативних наслідків аварій та катастроф є дослідження в сфері цифрових технологій. В процесі планування заходів з цивільного захисту зростає роль інформаційних платформ, штучного інтелекту та великих баз даних.

Безумовно, Україна має значний потенціал для інтеграції в європейську систему цивільного захисту, але існують певні виклики. По-перше, потрібно здійснити гармонізацію нормативно-правової бази з Регламентом ЄС 2021/ 836 [7], який визначає ключові аспекти організації управління ризиками в ЄС. По-друге, необхідно впроваджувати цифрові системи моніторингу та оцінки небезпек, зокрема, створення національної автоматизованої платформи кризового реагування за зразком Common Emergency Communication and Information System (CECIS). Також актуальним залишається питання кадрового забезпечення та підготовки фахівців у сфері управління кризовими ситуаціями. Для вдосконалення української системи підготовки персоналу корисно було б використовувати Європейські програми, наприклад, European Union Civil Protection Training Program (EUCPT).

Отже, запровадження європейських стандартів в систему цивільного захисту України є стратегічним напрямком, який сприятиме підвищенню ефективності реагування на надзвичайні ситуації, покращенню системи управління ризиками, забезпеченню високого рівня безпеки населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися у 2021 році. URL: https://dsns.gov.ua/upload/1/6/6/3/7/9/3/an-kmu-ns-12-2021publzvit.pdf (дата звернення 13.02.25).

2. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися у 2022 році. URL: https://dsns.gov.ua/upload/1/6/6/4/2/7/0/an-kmu-ns-12-2022publzvit.pdf (дата звернення 13.02.25).

3. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися у 2023 році. URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/0/2/2/3/1/4/2023-rik.pdf (дата звернення 13.02.25).

4. Стратегія громадської безпеки та цивільного захисту України (затверджена Указом Президента України від 29.06.2021р) URL: https://mvs.gov.ua/ministry/normativna-baza-mvs/proekti-normativnix-aktiv/strategiya-gromadskoyi-bezpeki-ta-civilnogo-zaxistu-ukrayini-zatverdzeno-vid-29062021 (дата звернення 13.02.25).

5. Україна доєдналася до системи механізму цивільного захисту ЄС. URL: https://mvs.gov.ua/news/ukrayina-dojednalasia-do-sistemi-mexanizmu-civilnogo-zaxistu-jes (дата звернення 13.02.25).

6. Сендайська рамкова програма зменшення лих як інструмент сталого розвитку. Особливості застосування в мирний та воєнний час. Аналітичний звіт. URL: https://r2p.org.ua/storage/page/6098/0161e0223e38552105ccc0425deeeb657aca1edd.pdf (дата звернення 13.02.25).

7. Regulation (EU) 2021/ 836 of the European Parliament and of the Council of 20 May 2021 amending Decision № 1313/ 2013/ EU on a Union Civil Protection Mechanism. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/836/oj/eng (дата звернення 13.02.25).

УДК 621

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІСНУЮЧИХ МЕТОДИК РОЗРАХУНКІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Дем'янець С.О.,
Яцковський Є.І.,
Сєриков В.І., *к.т.н., доцент,*
Зінченко О.І., *к.т.н., доцент*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Зубчасті передачі є одними з найбільш важливих трансмісійних механізмів, які використовуються в сучасній військовій техніці. При цьому більшість розрахунків зубчастих передач виконуються згідно зі стандартами ГОСТ (ДСТУ), які розроблялися і покращувалися протягом багатьох десятиліть. Але натепер вони є застарілими і не зовсім відповідають сучасним вимогам. Розглянемо фактори, з якими це пов'язано.

1. ГОСТи розроблялися для виробництва зубчастих коліс із існуючих матеріалів, але із розвитком технологій з'явилися нові матеріали, які не були узяті до уваги в стандартах. Тобто, цей фактор пов'язаний із обмеженістю врахування параметрів матеріалів.

2. Сучасні виробники звертають увагу на показники шуму та вібрацій, що впливають на якість роботи трансмісій. Ці параметри не враховуються в ГОСТах. Тобто, цей фактор пов'язаний із відсутністю урахування впливу вібрацій та шуму.

3. Умови експлуатації зубчастих передач у сучасних автомобілях і військовій техніці можуть бути більш складними, ніж передбачалося в ГОСТах. Тобто, цей фактор пов'язаний з тим, що не враховуються складні умови експлуатації техніки, тим паче, якщо ця техніка застосовується на полі бою.

Таким чином, ГОСТи розроблялися з урахуванням старих методик розрахунку, які не враховують багато факторів, що впливають на роботу зубчастих передач. Із розвитком технологій з'явилися нові методи розрахунку, які дозволяють враховувати більше параметрів, в тому числі вплив різних чинників на роботу зубчастих передач.

Крім того, сучасні виробники зубчастих передач потребують оптимізації розмірів та маси зубчастих передач, що не завжди можливо здійснити з використанням старих ГОСТів.

Сучасні розрахунки зубчастих передач виконуються з використанням новітніх методів та програмного забезпечення, що дозволяють враховувати безліч факторів, які впливають на роботу цих передач. Наприклад, розрахунок закріплень в зубчастих передачах рекомендується здійснювати з використанням сучасних стандартів та методів розрахунку, таких як ISO, AGMA, DIN та ін.

Деякі вчені з метою усунення існуючих недоліків традиційних стандартизованих методик розробили удосконалені методики аналізу напруженно-деформованого стану у загальних задачах. Однак ці моделі не зовсім коректно та повно враховують реальні умови контактної взаємодії робочих поверхонь зубів.

Традиційні аналітичні методи часто не можуть вловити концентрації напружень, що виникають у зубчастих передачах, особливо в місцях, де зубці шестерень стикаються один з одним. Скінчено-елементний аналіз зубчастих коліс може точно передбачити ці концентрації напружень, надаючи проєктувальникам інформацію, яка може допомогти їм оптимізувати конструкцію зубчастого колеса і поліпшити його характеристики.

Ще однією перевагою методу скінченних елементів (МСЕ) при аналізі зубчастих коліс є можливість моделювання складних геометричних форм та умов навантаження, які важко чи неможливо змоделювати аналітично. Це особливо важливо при проєктуванні

нестандартних зубчастих коліс, де геометрія та умови навантаження можуть бути унікальними для конкретного застосування.

МСЕ дозволяє враховувати геометричні невідповідності, такі як похибки виготовлення зубчастих коліс, що важливо для підвищення точності розрахунків.

Однією з основних переваг скінчено-елементного аналізу зубчастих коліс є його здатність враховувати нелінійну поведінку, таку як контактна деформація.

Але цей метод має і недоліки. Одним з основних недоліків для аналізу зубчастих коліс є складність налаштування моделі. Точність методу сильно залежить від точності вхідних даних, таких як властивість матеріалу, граничні умови та умови навантаження. МСЕ може не враховувати нерівномірний розподіл навантаження між зубцями, що може призвести до неточностей при оцінці напружень та деформацій у зубцях.

МСЕ може не враховувати зміну властивостей матеріалу з часом при високих температурах або в інших екстремальних умовах.

Для коректного аналізу зубчастих передач за допомогою МСЕ необхідно точно визначити параметри моделювання, такі як геометрія зубців, матеріали та граничні умови.

МСЕ у багатьох реалізаціях є лінійним методом, що означає, що він не завжди може враховувати нелінійну поведінку зубчастих передач, таку як пластичне деформування та руйнування.

У цілому дослідження показують, що МСЕ може бути потужним інструментом для аналізу зубчастих коліс.

Традиційно розрахунки зубчастих коліс виконуються за допомогою аналітичних методів, що базуються на геометрії та кінематиці, таких як рівняння Льюїса для напружень згину зубця зубчастого колеса або контактна теорія Герца для визначення контактних напружень зубчастого колеса. Ці методи довели свою ефективність і широко використовуються в промисловості протягом десятиліть.

Крім того, для розрахунку зубчастих коліс застосовується метод граничних елементів (МГЕ), хоча він не є таким поширеним, як інші методи. МГЕ має потенціал у конкретних випадках. До його основних переваг належить:

– можливість аналізувати складні геометрії зубчастих коліс із великою кількістю зубців;

– здатність враховувати шорсткості поверхні зубчастих коліс та їх вплив на контактний тиск;

– ефективність для розрахунку зубчастих коліс зі статичними навантаженнями;

– потенціал для використання в комбінації з іншими методами для більш точних результатів.

Незважаючи на ці переваги, варто зазначити, що МГЕ також має свої обмеження і вимагає великої обчислювальної потужності для складних задач із багатьма зубцями та великими деформаціями. Тому вибір методу для розрахунку зубчастих коліс повинен залежати від специфічних вимог задачі та наявної обчислювальної техніки.

УДК 614.841

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ФІКСАЦІЇ ОСЕРЕДКОВИХ ОЗНАК ПОЖЕЖІ ТА ШЛЯХІВ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

Дерев'янко О.А., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Одним із основних питань, що вимагає вирішення при встановленні причини виникнення пожежі є питання встановлення осередку пожежі.

Відсутність у матеріалах щодо розслідування пожеж достовірних даних про осередок, як правило, робить хибними висновки про причину виникнення. Але у багатьох випадках на момент проведення додаткових оглядів місця пожежі осередкові ознаки можуть бути знищені, особливо якщо вони знаходилися на підлозі. У такому разі для дослідження залишаються доступними лише ті ознаки, що знаходяться на стелі або на стінах. Особливе значення на практиці має швидке, кількісне встановлення та документальна фіксація ознак, що вказують на положення осередку пожежі. Найбільш часто на практиці,у рамках складання протоколу огляду місця пожежі,застосовується фотофіксація осередкових ознак. Але не так часто у фотоматеріалах з місця пожежі можна побачити добре зафіксовані осередкові ознаки. Це пов'язано з складними обставинами проведення таких робіт, у тому числі у затемнених, небезпечних та незручних умовах, які складаються на місці пожежі .Крім того такі матеріали дають можливість лише зафіксувати якісні характеристики і не дозволяють одержати кількісних значень осередкових ознак.

Відомо, що у приміщеннях поверхність більшості конструктивних та оздоблювальних матеріалів мають велике значення опору електричному струму, яке значно перевищує 10^6 Ом. Під впливом різних факторів пожежі, особливо при осіданні кіптяви, значення опору поверхні може змінюватися у широких межах. Тому для кількісної оцінки ступеня впливу факторів пожежі на ті чи інші конструктивні елементи будівель можливо та доцільно застосовувати прилади для визначення величини опору на поверхні.

Проведений аналіз ряду матеріалів дослідження пожеж, висновків про причину пожежі, матеріалів пожежно-технічних експертиз і спеціальної літератури дозволяє стверджувати, що існуючі підходи, методи та прилади для визначення значень ознак осередку пожежі шляхом виміру кількості кіптяви (у тому числі і гравіметричні методи оцінки кількості кіптяви) мають ряд недоліків. Це робить неможливим, або незручним їхнє застосування на практиці. До таких недоліків можна віднести: необхідність значного часу проведення досліджень або можливості проведення досліджень тільки у лабораторних умовах; необхідність для роботи стаціонарного електричного живлення, або автономного джерела живлення великої ємності;неможливість проводити дослідження на стелі та у верхній зоні приміщення де трапилася пожежа; проведення точкових вимірів збільшує імовірність пропуску областей опір у яких значно відрізняється від суміжних; для фіксації місця виміру необхідно проведення окремої операції.

Усунення таких недоліків і розширення можливостей застосування методу виявлення осередкових ознак пожежі по оцінці шару кіптяви забезпечує використання конструкції пристрою для безперервного вимірювання електричного опору шару кіптяви та фіксації точок виміру (2). Прилад є досить простим конструктивно і експлуатаційно. Він дозволяє проводити дослідження на місці пожежі у приміщеннях з різною висотою за мінімальний час. Оператор має можливість регулювати висоту проведення вимірювань. Метод, що покладено в основу роботи приладу, не потребує прив'язки до матеріалів поверхні, та робить візуально зрозумілим за якими точками виміру можна буде отримати достовірну інформацію (з урахуванням особливостей гасіння пожежі). Виводи, які

зроблено за результати досліджень за допомогою пристрою підтверджують можливість застосування приладу на практиці.

Але, не дивлячись на суттєві переваги, для практичного застосування такого приладу встановлено і ряд обмежень. Вони полягають у тому, що поверхня, яка досліджується часто є вологою і це має суттєвий вплив на результати вимірів. До ще більшої розбіжності у достовірності результатів приводить нерівномірність вологості поверхонь, що досліджуються.

Альтернативним може бути застосування методу оцінки кількості кіптяви на поверхні конструктивних та оздоблювальних матеріалів, що розроблений на кафедрі автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій НУЦЗ. Цей метод полягає в тому, що до поверхні вкритої кіптявою притискається прозора основа, на яку нанесено клейовий шар. До клейового шару прилипає більша частина кіптяви з поверхні, що досліджується. Після цього основа відокремлюється від поверхні і вимірюється проходження УФ або ІЧ випромінювання через неї. Ступень послаблення потоку буде вказувати на кількість кіптяви у відповідній точці на поверхні.



Рис. 1. Фрагмент дослідження методу оцінки кількості кіптяви на поверхнях оптичним методом.

Апаратурна реалізація такого методу дає можливість побудувати пристрій, що дозволить кількісно визначити ступень окопченості вологих поверхонь на місці пожежі і використати результати вимірів для встановлення шляхів розповсюдження пожежі та осередку пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Портативний пристрій для виявлення осередкових ознак пожежі: пат. 155536 Україна: МПК (2024.01) G01N 15/00). №u2023 04459; заявл. 21.09.2023; опубл. 06.03.2024, Бюл. № 10.

УДК 351.862

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО РЕГЛАМЕНТАЦІЇ ПРОВЕДЕННЯ ЕВАКУАЦІЇ У РАЗІ ЗАГРОЗИ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Дмитрієвих П.Л.,
Назаренко С.Ю., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Евакуація населення є одним із ключових заходів цивільного захисту, спрямованих на збереження життя і здоров'я людей у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій (НС). Вона передбачає організоване виведення або вивезення населення із зони потенційної небезпеки до безпечних районів. Залежно від характеру небезпеки евакуація може бути тимчасовою або постійною, загальною або частковою. Ефективність цього процесу визначається не лише технічними можливостями, а й наявністю чіткої нормативно-правової бази, що регламентує дії органів державної влади, місцевого самоврядування, підприємств та населення.

В Україні існує низка законодавчих актів, що регулюють питання евакуації, зокрема Кодекс цивільного захисту України та підзаконні акти. Однак практика проведення евакуаційних заходів у кризових ситуаціях, таких як природні катастрофи, техногенні аварії або військові дії, свідчить про наявність низки проблем. До основних з них належать відсутність єдиної координаційної структури, недостатня інформованість населення про алгоритм дій у разі евакуації, а також нестача сучасних технологічних рішень для оперативного оповіщення громадян.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю вдосконалення існуючих підходів до регламентації проведення евакуаційних заходів, що забезпечить своєчасне реагування на надзвичайні ситуації та зменшить потенційні людські та матеріальні втрати. У статті розглядаються основні проблеми регламентації евакуації, аналізується сучасний стан нормативно-правового забезпечення та пропонуються шляхи його вдосконалення.

Аналіз існуючого стану

Сучасні підходи до евакуації базуються на таких законодавчих актах, як Кодекс цивільного захисту України [1], Постанова Кабінету Міністрів України щодо порядку проведення евакуації [2] та інші. Проте, на практиці існує низка проблем, які ускладнюють ефективну реалізацію евакуаційних заходів.

1. Недостатня координація між державними органами. Відсутність єдиної координаційної структури та чіткого розподілу відповідальності між державними установами та місцевими органами влади призводить до хаотичних дій під час евакуації.

2. Низький рівень обізнаності населення. Багато громадян не володіють необхідними знаннями щодо порядку дій у разі евакуації, що ускладнює процес та створює додаткові загрози.

3. Відсутність сучасних технологічних рішень. В Україні досі не впроваджено ефективних електронних платформ або мобільних додатків для оповіщення населення та координації евакуації в реальному часі.

4. Недостатнє фінансування заходів евакуації. Брак бюджетних коштів на розробку та реалізацію планів евакуації призводить до низької готовності інфраструктури та транспортних засобів до екстреного переміщення населення.

5. Застаріла нормативно-правова база. Деякі чинні акти не враховують сучасні загрози, такі як кібератаки або технологічні катастрофи, що робить їх менш ефективними у сучасних умовах.

Отже, для підвищення ефективності евакуаційних заходів необхідне комплексне реформування нормативно-правової бази, підвищення рівня підготовки населення та впровадження інноваційних технологій у процес організації евакуації [3–5].

Пропозиції щодо удосконалення регламентації евакуації:

1. Створення єдиного нормативного документа, який регламентує всі аспекти евакуації, включаючи взаємодію між державними структурами, бізнесом і населенням.
2. Розробка електронних платформ та мобільних додатків, що дозволять громадянам отримувати актуальну інформацію про маршрути евакуації та стан НС у режимі реального часу.
3. Удосконалення навчальних програм і проведення регулярних тренувань, що підвищить рівень готовності населення до евакуаційних заходів.
4. Інтеграція сучасних технологій для моніторингу стану об'єктів інфраструктури та прогнозування ризиків.
5. Залучення громадськості до процесу планування евакуації шляхом проведення консультацій та опитувань.

Запропоновані заходи сприятимуть підвищенню ефективності евакуаційних заходів та зменшенню людських і матеріальних втрат у разі надзвичайних ситуацій. Удосконалення нормативно-правової бази та впровадження сучасних технологій є ключовими кроками у цьому напрямку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України. Рішення ВР від 02.10.2012. № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про порядок проведення евакуації» від 30.10.2013 № 841. Офіційний вісник України. 2013. № 87.
3. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Методичні рекомендації щодо організації та проведення евакуаційних заходів. Київ: ДСНС, 2020.
4. Smith, J. & Brown, K. (2021). Emergency Evacuation Planning and Management. Oxford: Oxford University Press.
5. UNISDR (2019). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

УДК 614.841.34

СТВОРЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕДІНКИ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДЛОГ ПІД ЧАС ГОРІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Добростан О.В., *к.т.н., ст. досл.,*
Самченко Т.В., *PhD, ст. досл.,*
Ратушний О.В.
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного Університету цивільного захисту України

За результатами виконання науково-дослідної роботи [1] встановлено, що на сьогоднішній день в Україні основі вимоги пожежної безпеки до покриттів для підлог викладено в [2–3]. Відповідно до цих норм для матеріалів, які застосовують у якості покриттів для підлог, повинні визначатись такі показники пожежної небезпеки: група горючості, група поширення полум'я, група займистості, коефіцієнт димоутворення та токсичність продуктів горіння [4–6].

В країнах Європейського союзу до покриттів для підлог встановлені вимоги з пожежної безпеки щодо їх реакції на вогонь. Одним із основних методів, які застосовують для оцінювання реакції на вогонь покриттів для підлог, є визначення їхньої поведінки під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання [7].

Визначення пожежонебезпечних властивостей покриттів для підлог щодо реакції на вогонь має особливе місце у забезпеченні пожежної безпеки будівель та споруд, а методи оцінювання цих властивостей потрібно удосконалювати шляхом впровадження відповідних європейських стандартів та європейської класифікації щодо реакції на вогонь [8].

На сьогодні одним із пріоритетних напрямків Плану дій «Україна – ЄС» у рамках Європейської політики є поступове наближення українського законодавства, норм і стандартів до відповідних документів ЄС у рамках підготовки до активної участі у Внутрішньому ринку.

Засади адаптації законодавства України до законодавства ЄС визначено Законом України № 850-IX від 02 вересня 2020 року «Про надання будівельної продукції на ринку» [9], яким імплементовано Регламент (ЕС) № 305/2011 Європейського Парламенту і Ради [10], що встановлює 2 гармонізовані умови для розміщення на ринку будівельних виробів та скасовує Директиву Ради 89/106/ЄЕС [11]. Цей Закон набув чинності з 01 січня 2023 року та визначає правові та організаційні засади введення в обіг або надання будівельної продукції на ринку шляхом встановлення правил для вираження показників, пов'язаних із суттєвими експлуатаційними характеристиками такої продукції, а також застосування щодо такої продукції знаку відповідності технічним регламентам, у тому числі реакції на вогонь.

Реалізація цього Закону, забезпечуватиме можливість надання будівельної продукції на ринку, гармонізацію вимог до будівельної продукції та її маркування з Європейським Союзом (ЄС) та Світовою організацією торгівлі (СОТ), забезпечення якості будівельної продукції та вирішення конкретних завдань під час розроблення предметних будівельних норм і технічних специфікацій.

Нині в Інституті наукових досліджень з цивільного захисту Національного Університету цивільного захисту України на виконання Плану наукової та науково-технічної діяльності ДСНС виконується науково-дослідна робота «Оцінювання стійкості покриттів для підлог до вогневого впливу за європейською класифікацією». Метою роботи є визначення властивостей покриттів для підлог щодо стійкості до поширення полум'я в умовах вогневого впливу за європейським методом.

Під час проведення досліджень буде здійснено аналіз нормативних документів та інших джерел інформації стосовно дослідження пожежної безпеки покриттів для підлог, критеріїв її оцінювання, методів випробувань і джерел запалювання, які впроваджено в міжнародних, регіональних і національних стандартах. Планується створення обладнання для визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання за європейським методом і проведення його верифікації, дослідження покриттів для підлог, що широко застосовуються на будівельних об'єктах України, підготовка пропозицій щодо змін до будівельних норм стосовно вимог пожежної безпеки до покриттів для підлог відповідно до Європейської класифікації викладеної в [8] рис. 1.

Загальний вид та перелік основних вузлів стенда наведено на рисунку 1.

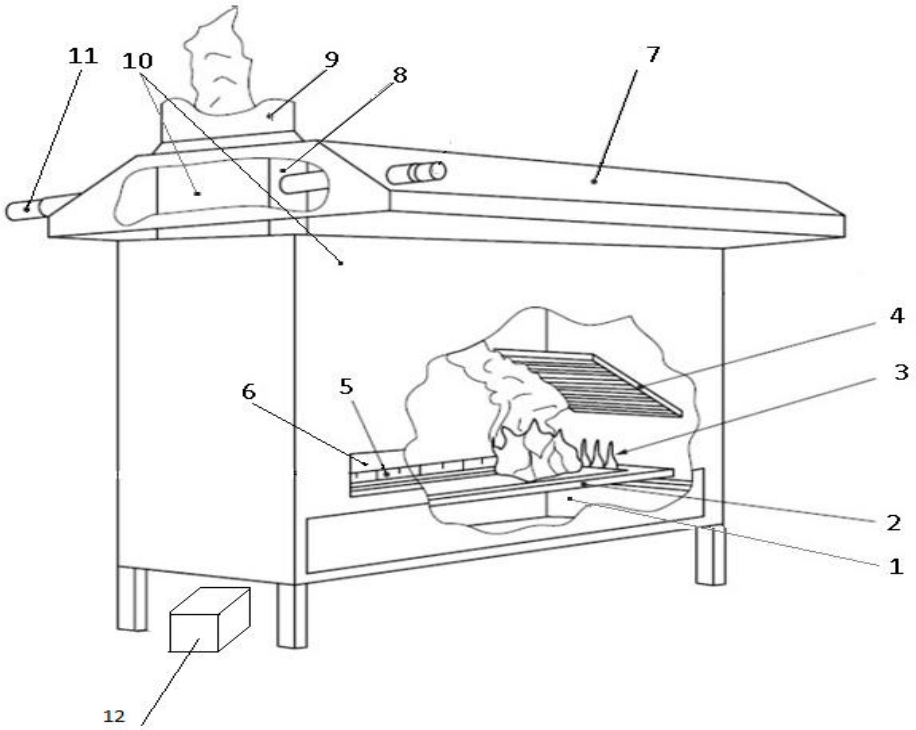


Рис. 1. Загальний вид та перелік основних вузлів стенда: 1 – випробувальна камера, 2 – утримувач зразка разом зі зразком на зсувній платформі, 3 – пальник для запалювання зразка, 4 – радіаційна газова панель, 5 – шкала, 6 – відкидні дверцята з віконцем для спостерігання, 7– витяжний зонт, 8 – витяжна труба випробувальної камери, 9 – витяжний трубопровід системи відведення димових газів, 10 – термопари, 11 – система для вимірювання оптичної щільності диму, 12 – радіаційний пірометр.

Після створення обладнання для випробування покриттів для підлог щодо реакції на вогонь за європейським методом та проведення його верифікації буде застосовано експериментальний метод досліджень показників пожежної небезпеки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Науково-дослідна робота «Оцінювання стійкості покриттів для підлог до вогневого впливу за європейською класифікацією» («Випробування покриттів для підлог»).
2. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
3. Правила пожежної безпеки в Україні.
4. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів.

Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація.

5. ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) Матеріали будівельні. Метод випробування на поширення полум’я.

6. ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість.

7. ДСТУ EN ISO 9239-1:2022 Випробування покриттів для підлог щодо реакції на вогонь. Частина 1. Визначення поведінки під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання (EN ISO 9239-1:2010, IDT; ISO 9239-1:2010, IDT).

8. ДСТУ EN 13501-1:2016 Пожежна класифікація будівельних виробів і будівельних конструкцій. Частина 1. Класифікація за результатами випробувань щодо реакції на вогонь (EN 13501-1:2007+A1:2009, IDT).

9. Закон України «Про надання будівельної продукції на ринку». Прийнятий ВР України від 02.09.2020 № 850-IX.

10. Regulation (EU) № 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC (Регламент (ЄС) № 305/2011 Європейського Парламенту та Ради від 9 березня 2011 року що встановлює гармонізовані умови для розміщення на ринку будівельних виробів та скасовує Директиву Ради 89/106/ЄЕС).

11. Директива Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988 р. «Про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів».

УДК 614.8

ОЦІНКА ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ УТВОРЕННІ ФРИКЦІЙНИХ ІСКОР ПІД ЧАС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

Дягілєв К.А.,
Афанасенко К.А., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Одним із поширених джерел запалювання горючих парогазових сумішей є фрикційні частинки [1], які виникають при терті або зіткненні робочих органів технологічних машин, механізмів, а також при виконанні обслуговуючим персоналом технологічних та ремонтних операцій. Фрикційні частинки, що утворюються в результаті відносного переміщення двох поверхонь, що контактують, залежно від дисперсності, початкової температури, наявності окислювача та інших факторів можуть розігріватися до температури видимого світіння. Частинки речовини, що утворюються в результаті тертя і зіткнення і розжарені до температури видимого світіння, називають фрикційними іскрами.

Фрикційні іскри металів у певних умовах розігріваються до температури, за якої частки займаються. У цьому випадку за дуже короткий час виділяється кількість тепла, достатня для прогрівання прилеглого до частки об'єму горючої газової суміші до температури, достатньої для її займання.

В роботі проведені дослідження у вигляді отримання експериментальних даних щодо іскроутворення для різних металів.

Для оцінки схильності до іскроутворювальної здатності металів застосовувався метод фотографічної візуалізації процесу іскроутворення із застосуванням абразивно-відрізного верстата на основі кутової шліфувальної машини.

Для проведення досліджень були обрані зразки металів і сплавів з різними фізичними властивостями, які служили поверхнею, що ударяється.

В табл. 1 наведені дані щодо іскровиділення під час механічного впливу на вироби з різних металів.

Фрикційні іскри утворювалися тільки у заліза та різних зразків сталі. У той час як у міді, алюмінію, латуні та дюралі іскри не утворювалися.

Частинки металів міді, алюмінію, латуні, (отримавши енергію від удару і перетворивши її на теплову енергію) прогріваються всередину повністю за час свого існування і не здатні віддати енергію у вигляді іскор для займання.

Таблиця 1. Залежність інтенсивності іскровиділення від матеріалу виробу

Залізна пластина	Сталева пластина	Профіль оцинкований
		
Сталевий профіль	Профіль алюмінієвий	Дюраль



При цьому, частинки заліза і сталі прогріваються всередину слабо, за рахунок чого значна кількість теплової енергії за час польоту іскри зберігається на поверхні, і є достатнім для займання горючого середовища.

Результати досліджень показують, що метали мають відносно низьку температуру плавлення іскроутворювальної здатності не мають.

Зокрема алюміній, мідь, латунь, дюраль мають низькі температури плавлення по відношенню до сталі (1400–1530 °C). Це вказує на те, що при різанні кольорових матеріалів досягаються значення температури плавлення і відбувається розбризкування матеріалу. Слід також зазначити, що ці метали мають значення межі міцності на розрив менше по відношенню до сталі.

Разом з тим, сталь має величину межі міцності на розрив порівнянну з латунню. Дані обставини вказують на те, що при виборі безпечного металу по відношенню до горючих газів і парів необхідно враховувати кілька параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Li, C., Yuan, Y., Amyotte, P., Xiao, M., Zheng, W., Bu, Y., Yuan, Ch., Li, G. (2021). Friction spark generation and incendivity of several metalal loys, Journal of Loss Preventionin the Process Industries. 70. 104406. URL: https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104406

УДК 504:338

ФАКТОРИ ВРАЗЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ ПЕРЕД ТЕРОРИСТИЧНИМИ НАПАДАМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Іваненко В.С.
Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Миколаївської міської ради

Уразливість будь-якого типу об'єкта обумовлена значною мірою особливостями, такими як: специфіка об'єкту; управління об'єктом; особами, які експлуатують чи відвідують його; ресурсами, які доступні таким особам тощо. Кожен з об'єктів має свій унікальний набір факторів уразливості.

Є об'єкти на яких регулярно запроваджують політику «відкритих дверей», при яких сторонні особи безперешкодно проникають до об'єкту. Регулярні відвідувачі таких об'єктів вітають сторонніх і не ставлять запитання про походження невідомих відвідувачів [1, с. 225]. При таких умовах злочинці можуть використовувати «ефект раптовості», особливо коли персонал зайнятий виконанням своїх функціональних обов'язків.

Ступінь вразливості значно варіюється в залежності від соціально-економічних умов, географічного положення та навколишньої місцевості, а також фізичних характеристик об'єкта. Зрозуміло, атакувати ринок просто неба шляхом викиду отруйних речовин складніше ніж будь-який закритий об'єкт, наприклад будинок культури, палац спорту, театр. Водночас глядачі театру значно менше схильні до дій безпілотників, ніж відвідувачі вуличного ринку.

Зауважимо, на різних об'єктах впливу є наявні відмінності, але можна виділити ряд факторів уразливості, які присутні мабуть на кожному об'єкті.

Перший фактор – людський: вразливість може виникнути внаслідок небажання проводити необхідну модернізацію системи безпеки через недооцінку ймовірності та/або наслідки терористичного нападу. Позиція деяких власників об'єктів може бути наслідком «опір змінам» [2, с. 147], тобто готовності пожертвувати надійною системою безпеки для створення більш сприятливого враження для відвідувачів (торгові центри, культурні заходи тощо).

Другий фактор – «втома від безпеки»: після періодів збереження підвищеної пильності, до якої закликають після терористичного нападу, часто виникає проблема збереження культури безпеки як довгострокової програми для об'єктів господарювання та інших зацікавлених сторін. Самі особи, відповідальні за безпеку, можуть викликати підозри або отримувати поганий прийом у певних спільнотах (персоналу об'єкта).

Є і інші фактори вразливості у вигляді бар'єрів, зумовлених відмінностей у досвіді, очікуваннях і менталітеті тих чи інших зацікавлених осіб, які співпрацюють у справі захисту вразливих об'єктів. Це небажання вживати більш жорстких заходів безпеки [3, с. 49].

Вплив інституційних та правових факторів є важливим компонентом будь-якої ефективної системи управління ризиками Він покликаний забезпечити захист об'єктів, бути регулятором криз у вирішенні цього імперативного завдання. Але можуть виникати труднощі у зв'язку з недостатньою міжвідомчою координацією внаслідок прогалин у нормативно-правовому регулюванні, відсутності чіткого розподілу обов'язків тощо.

Є і перешкоди юридичного характеру, можуть виникати непорозуміння у відносинах між орендодавцями та орендарями об'єктів, сусідніми комерційними структурами з приводу того, хто має відповідати за модернізацію систем безпеки або управління персоналом служби безпеки на так званій сірій території.

Державні органи влади можуть звертатися до керівників об'єктів з спірними приміщеннями або приміщеннями, що не мають чітко визначеного власника із вимогами провести роботи щодо посилення безпеки. Але керівники таких об'єктів можуть виявляти нерішучість у питаннях забезпечення більш надійного захисту. На таку нерішучість у діях можуть вплинути такі чинники: нездатність побачити комерційну цінність; підозрілість щодо мотивів; брак стимулів через відсутність нормативних вимог. Це може спричинити неприйняття заходів безпеки, необхідних у превентивних цілях, і потенційно може знизити ефективність заходів, що вживаються після інциденту.

Багато об'єктів мають обмежений бюджет з метою забезпечення безпеки [3, с. 58]. А безпека вимагає великих витрат на фізичні зміни або додаткові елементи до об'єктів інфраструктури, найняття нових охоронних компаній або проведення підготовки персоналу. Є випадки коли об'єкти можуть і не мати доступу до фінансових стимулів (грошові виплати, субсидії чи податкові пільги) на підтримку модернізації систем безпеки. Жорсткі бюджетні обмеження ставлять об'єкти перед вибором - інвестувати мізерні ресурси у маркетингові операції, що швидко окупаються, чи в довгостроковий ремонт систем безпеки, що дасть можливості ліквідувати фактори вразливості.

Отже, парадигмою для захисту об'єктів, незалежно від типу, розміру чи функції є скоординоване планування заходів забезпечення безпеки на основі підходу до управління ризиками та регулювання криз, що застосовується керівниками об'єктів та державною владою як на національному, так і на місцевому рівні. Управління ризиками визначається як управління факторами невизначеності з метою мінімізації потенційних збитків та втрат. Управління ризиками включає оцінку та аналіз ризиків, а також реалізацію стратегій і конкретних дій з контролю, зменшення та передачі ризиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В.С., Курепін В.М. Подолання кризових явищ у аграрній сфері за допомогою технології доповненої реальності. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування : матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., присв. 90-річчю з дня народження професора Г. П. Жемели (м. Полтава, 30 вересня 2023 р.). Полтава: ПДАУ, 2023. С. 224–226. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15512

2. Лотарєва Д.В. Сучасні інформаційні технології у системі управління. Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 23–25 жовтня 2024 р.). Миколаїв: МНАУ, 2024. С. 146–148. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18921.

3. Kurepin, V., Lymar, O. (2024). Assessment of the State of Personnel Safety of Agricultural Enterprises with the Help of Relevant Performance Indicators. Modern Economics. 43(2024). 41–50. DOI: https://doi.org/10.31521/modecon.V43(2024)-06.

4. Курепін В.М. Практичні аспекти керування професійними ризиками на підприємствах. OSHAgro – 2023: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 3 жовтня 2023 р.). Київ : НУБіП України, 2023. С. 57–60. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15933.

УДК 004.942:614.84

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНОГО ІНДЕКСУ СТІЙКОСТІ ДО КАТАСТРОФ: ДОСВІД ЄС

Карабин О.О., *к.ф-м.н., доцент.,*
Кордіяка І.М.,
Чіпчик А.М.,
Шуригін В.І.,
Карабин В.В., *д.т.н., професор*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Запобігання надзвичайним ситуаціям є складною та водночас важливою задачею для цивільного захисту. Для ефективного запобігання надзвичайним ситуаціям, особливо тим, що мають складну багатофакторну природу, характеризуються нелінійними процесами виникнення та швидкою дифузією наслідків у просторі й часі, необхідна ґрунтовна науково-методична основа, що забезпечує всебічний розрахунок індексу стійкості та оцінку адаптаційного потенціалу до таких подій [1–3].

В Україні питання стійкості до надзвичайних ситуацій регулюється низкою нормативних актів. Зокрема, Указом Президента України від 27 вересня 2019 року № 837/2019 було схвалено Концепцію забезпечення національної стійкості [4]. Метою цієї Концепції є визначення основних принципів, напрямів та механізмів запровадження національної системи стійкості, спрямованої на забезпечення здатності держави і суспільства своєчасно ідентифікувати загрози, виявляти вразливості та оцінювати ризики національній безпеці, а також ефективно реагувати та швидко відновлюватися після виникнення загроз або надзвичайних ситуацій. Концепція забезпечення національної стійкості, окреслюючи загальні принципи та підходи до формування національної системи стійкості, потребує подальшого наповнення конкретними методиками та інструментами їх реалізації. Зокрема, одним із важливих напрямів удосконалення є розробка уніфікованої методики оцінки індексу стійкості до надзвичайних ситуацій, що дасть змогу забезпечити системний аналіз ризиків, узгодженість підходів до оцінювання рівня готовності та підвищення ефективності заходів із запобігання кризовим явищам.

У Європейському Союзі регулювання питань стійкості до катастроф здійснюється у рамках таких ключових документів, як Директива ЄС 2007/60/ЕС про оцінку та управління ризиками повеней, а також Директива ЄС 2012/18/EU щодо контролю великих промислових аварій, пов’язаних із небезпечними речовинами [5, 6]. Ці документи встановлюють вимоги до розробки планів управління ризиками, механізмів реагування та стратегій адаптації. Окрім директив, Європейський Союз розробив стратегію адаптації до зміни клімату, яка включає комплексні заходи з підвищення стійкості інфраструктури, міст та екосистем до можливих катастроф [7]. В ЄС також розроблено методику оцінки стійкості, що базується на комплексному індексі стійкості до катастроф [8], і яка може бути цікавою для України. Запропонований індекс враховує соціально-економічні, екологічні та інфраструктурні показники, які відображають рівень вразливості та здатності до адаптації. Розрахунок здійснюється за допомогою методів багатофакторного аналізу, що дозволяє отримати об’єктивну картину стану готовності різних муніципалітетів (рис. 1). Важливими аспектами італійської методики є:використання багатовимірного підходу, який враховує широкий спектр факторів впливу, впровадження сучасних статистичних методів нормалізації та агрегування даних, орієнтація на практичне застосування результатів у державному плануванні та управлінні ризиками.



Рис. 1. Схема розрахунку індексу стійкості до катастроф (укладено за матеріалами [8]).

Таким чином, аналіз європейських підходів до оцінки стійкості до катастроф демонструє важливість розробки уніфікованих методик, які можуть бути використані для ефективного управління ризиками в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kuzyk, A., Karabyn, V., Shuryhin, V., Sushko, Y., Stepova, K., Karabyn, O. (2023). The River System Pollutant Migration in the Context of the Sudden One-Time Discharge with Consideration of the Bottom Sediments Influence. Ecological Engineering & Environmental Technology. 24(1). 46–54. URL: https://doi.org/10.12912/27197050/154909

2. Kochmar, I., Karabyn, V., Stepova, K., Stadnik, V. & Sozanskyi, M. (2024). Thermal Impact on Heavy Metal Bioavailability in Burnt Rocks of Waste Heap of Chervonohradska Coal-preparation Plant (Lviv Region, Ukraine). Geomatics and Environmental Engineering. 18(1). 117–133. URL: https://doi.org/10.7494/geom.2024.18.1.117

3. Shuryhin, V., Karabyn, V., Kuzyk, A. (2023). Prediction of Benzene Migration Parameters Resulting from Continuous Flow in a Mountain River. Ecological Engineering & Environmental Technology. 24(8). 73–81. URL: https://doi.org/10.12912/27197050/171529

4. Указ Президента України № 479/2021 від 27 вересня 2021 р. «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 серпня 2021 року «Про запровадження національної системи стійкості». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/479/2021#Text

5. United Nations. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. URL: https://www.unisdr.org/we/inform/publications/43291

6. Директива ЄС 2007/60/ЕС щодо управління ризиками повеней. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0060

7. European Commission. An EU Strategy on adaptation to climate change. Brussels, 2013. URL: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0216:FIN:EN:PDF

8. Marzi, S., Mysiak, J., Essenfelder, A.H., Amadio, M., Giove, S., Fekete, A. Constructing a comprehensive disaster resilience index: The case of Italy. PLoS ONE, 14(9), e0221585. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221585

УДК 614.843

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ПОШИРЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТИ ЕНЕРГЕТИКИ

Касьонкіна Н.Д.,
Рашкевич Н.В., *PhD*
Національний університет цивільного захисту України

Масштаби лісових пожеж є важливою проблемою сучасності. Кліматичні зміни, що призводять до підвищення температури повітря, тривалих засух, створюють умови для збільшення частоти й інтенсивності лісових пожеж [1, 2]. Це значно підвищує ризик пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури, що часто розташовані в пожежонебезпечних регіонах [3, 4].

Лісові пожежі в умовах воєнного стану, особливо під час інтенсивних бойових дій, значно посилюють небезпеку для енергетичних об'єктів. Бойові дії можуть призводити до руйнування природних бар'єрів, які зазвичай стримують поширення пожеж. Вибухи, використання зброї, а також викиди з техніки, можуть сприяти виникненню нових вогнищ, які швидко поширюються внаслідок зменшення природного захисту та посилення інших негативних факторів, таких як високі температури чи сильні вітри [5]. Крім того, пошкодження комунікацій, порушення логістики в роботі транспорту внаслідок бойових дій ускладнюють гасіння пожеж і швидке відновлення енергетичних об'єктів.

Недостатність існуючих заходів щодо профілактики пожеж та захисту об'єктів енергетики від їх поширення в умовах воєнного стану свідчить про необхідність розробки сучасних технічних рекомендацій. Вони мають враховувати специфіку кожного об'єкта, особливості його розташування та потенційні сценарії розвитку пожеж.

До рекомендацій можна віднести:

1. Впровадження протипожежних бар'єрів, які включають мінералізовані смуги, захисні просіки, штучні або природні перепони, створюючи ефективну лінію захисту, що обмежує поширення вогню до критичних об'єктів. Такі бар'єри повинні розроблятися з урахуванням ландшафтних особливостей, типу рослинності, кліматичних умов та інших факторів, які впливають на динаміку поширення пожежі. Ефективність протипожежних бар'єрів залежить від регулярного технічного обслуговування, перевірки їхньої цілісності та відповідності стандартам.

2. Впровадження системи пожежогасіння, що спрямована на виявлення, локалізацію та ліквідацію пожежі у найкоротші терміни. Це сприяє підвищенню загальної безпеки, зменшенню наслідків від пожеж та створенню умов для безпечної експлуатації енергетичної інфраструктури.

3. Використання матеріалів з підвищеною вогнестійкістю. Основними характеристиками таких матеріалів є їх здатність витримувати високі температури протягом тривалого часу без втрати механічної міцності, а також їхня низька теплопровідність, що зменшує передачу тепла до інших частин конструкції [6–9]. До таких матеріалів належать вогнестійкі покриття, вогнезахисні матеріали для ізоляції, а також конструкційні матеріали, які витримують високі температури без втрати міцності.

4. Модернізація обладнання, що полягає в оновлені електричних систем, устаткування, систем вентиляції та охолодження, впроваджені сучасних систем моніторингу, автоматизованих систем управління здатних керувати з мінімальним втручанням людини.

Однак, треба враховувати, що ефективність технічних рішень значною мірою залежить від налагоджених процесів управління, підготовки персоналу об'єкту енергетики та його оперативної взаємодії з аварійно-рятувальними підрозділами.

Запропоновані технічні рекомендації спрямовані на зменшення вразливості енергетичних об’єктів до лісових пожеж, забезпечення їхньої стабільної роботи та збереження цілісності обладнання. Рекомендації охоплюють питання планування територій, вибору матеріалів, розробки систем захисту та модернізації обладнання, що дозволяє підвищити загальну стійкість до пожежних ризиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лобачов А.М., Рашкевич Н.В. Законодавча довідка щодо запобігання пожеж, пов’язаних з горінням опалого листя і сухої трави. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 65–66.

2. Зощук Д.Д., Сабада І.С., Рашкевич Н.В. Загрози для пожежних під час ліквідації природних пожеж на забруднених територіях. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 188–189.

2. Касьонкіна Н.Д., Рашкевич Н.В. Постановка задач дослідження впливу лісових пожеж на об’єкти енергетики. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 39–40.

3. Касьонкіна Н.Д., Рашкевич Н.В. Особливості розрахунку впливу лісових пожеж на об’єкти енергетики. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 51.

4. Рашкевич Н.В., Лобойченко В.М., Шевченко Р.І. Мінімізація наслідків екологічної небезпеки території, внаслідок їх вогневого ураження боєприпасами. Матеріали І Міжнародна науково-практична конференція «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій - 2022», 26 – 27 травня 2022 р., м. Полтава. С. 113–116.

5. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І. Вогнестійкісті вогнезахищених залізобетонних конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2022. № 2(36). С. 102–122.

6. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Рудаков С.В., Томенко В.І., Юрченко С.П. Вогнестійкість вогнезахищених сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об’єктів. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023. № 1(37). С. 282–292.

7. Полупан В.А., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Щолоков Е.Е. Вогнестійкість будівельних конструкцій як елемент системи пожежної безпеки. The I International Scientificand Practical Conference «Current trend sin the development of moderns cientificthought», September 27–30, 2022, Haifa, Israel. С. 495–497.

8. Тараненко І., Рашкевич Н.В. Питання підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій в умовах сьогодення. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 75–77.

УДК 614.841.3; 621.315

ВПЛИВ ДОМІШОК ДО ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ СТРУМОПРОВІДНОЇ ЖИЛИ НА ТЕМПЕРАТУРУ НАГРІВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРОВОДУ

***Катунін А.М.*[1]**, *к.т.н., с.н.с.,*
***Кулаков О.В.*[2]**, *к.т.н., доцент*
[1]*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України*

Російське вторгнення в Україну зробило особливо актуальним питання забезпечення пожежної безпеки промислових об'єктів та об'єктів інфраструктури. Однім з важливих напрямків є забезпечення пожежної безпеки кабельних виробів.

Кабелі та проводи при надмірному струмовому навантаженні нагріваються. При цьому температура нагріву може досягати значення, достатнього до займання ізоляції, що може спричинити пожежу [1]. Тому на практиці для забезпечення пожежної безпеки важливо оцінити температуру, до якої розігріється кабельний виріб до моменту спрацьовування апарату захисту. Таким чином, оцінка температури нагріву кабельного виробу при його експлуатації є актуальною проблемою забезпечення пожежної безпеки.

При оцінюванні пожежної небезпеки електричних проводів основною фізичною характеристикою металу струмопровідної жили є його електрична провідність. До матеріалів струмопровідних жил електричних проводів також пред'являються й інші вимоги, які обумовлені особливостями їх експлуатації. З метою покращення таких характеристик, як корозійна стійкість, механічна міцність, жаростійкість в складі алюмінієвих провідників кабельних виробів використовуються домішки інших металів. Основна мета додавання домішок до складу струмовідних жил – покращення експлуатаційних характеристик кабельних виробів.

В [2] проаналізовано властивості сплаву алюмінію Al з домішками хрому Cr, ванадію V та титану Ti. Поряд з покращенням певних властивостей алюмінієвого провідника введення домішкових елементів призводить до зменшення його електричних параметрів, зокрема, електричної провідності. При цьому ступінь та характер даної зміни залежать від властивостей як алюмінію, так і домішок. На даний момент не існує точних відомостей щодо вичерпного тлумачення цього питання, але проведено ряд експериментальних досліджень, які продемонстрували суттєве зниження електричної провідності алюмінію при наявності домішок в його складі. Зниження електричної провідності матеріалу провідника призведе до зростання температури нагріву навантаженого алюмінієвого проводу в цілому. Нагрівання може призвести до займання ізоляції, що може вивести з ладу кабельну лінію або спричинити пожежу. Апарати захисту електричних мереж можуть спрацьовувати із запізненням, тому досить важливо оцінити температуру нагріву кабельного виробу до моменту відключення електричної мережі апаратом захисту. Таким чином, завдання оцінювання температури нагріву алюмінієвих проводів із домішками в матеріалі провідника є актуальною задачею для забезпечення пожежної безпеки.

Досліджено вплив домішок до основного матеріалу струмопровідної жили на температуру нагріву електричного проводу на прикладі одножильного алюмінієвого проводу маркорозміру АПВ1 2,5 (Н05V-А 2,5). Побудовано залежності температури нагріву проводу від часу його роботи при струмах навантаження менших, близьких та більших відносно допустимих правилами [3].

Оцінений вплив домішок хрому, ванадію та титану до основного матеріалу струмопровідної жили проводу на температуру його нагріву в процесі експлуатації.

Температура нагріву навантаженого проводу обраного маркорозміру із домішками об’ємами 0,05 % та 0,1 % до основного матеріалу струмопровідної жили при експлуатації залежить від матеріалу, об’єму домішок в складі струмопровідної жили й від режиму роботи (струму навантаження).

Незначні об’єми домішок до основного матеріалу струмопровідної жили (менш, ніж 0,1 %) спроможні впливати на температуру нагріву навантаженого алюмінієвого проводу обраного маркорозміру.

При струмі навантаження меншому максимально припустимого правилами [3] температура нагріву навантаженого проводу обраного маркорозміру за 300 с не досягає 70 °С (допустимої тривалої температури проводів з полівинилхроридною ізоляцією). Залежності температури нагріву проводу із різними матеріалами домішок до основного матеріалу струмопровідної жили та без домішок при такому струмі навантаження мають приблизно однаковий вигляд, близький до лінійної залежності.

Залежності температури нагріву проводів із різними матеріалами домішок до основного матеріалу струмопровідної жили та без домішок при номінальних та більших за номінальних струмах навантаження мають також приблизно однаковий вигляд, але вже нелінійної залежності.

Температура нагріву навантаженого проводу обраного маркорозміру залежить від матеріалу домішок до основного матеріалу струмопровідної жили наступним чином: найбільш впливовими в розглянутих умовах є домішки хрому, найменш впливовими – домішки титану.

Температура нагріву навантаженого проводу залежить від об’єму домішок до основного матеріалу струмопровідної жили наступним чином. При нагріві проводу з домішкою титану до основного матеріалу жили об’ємом 0,05 % протягом 100 с температура досягає 33 °С; 57 °С; 89 °С для струмів навантаження менших, рівних та більших припустимих [3] відповідно; за 200 С – до значень температури 45 °С, 87 °С, більш 100 °С. При нагріві аналогічного проводу з домішкою титану до основного матеріалу струмопровідної жили об’ємом 0,1 % протягом 100 с температура досягає 34 °С, 58 °С, 90 °С для аналогічних струмів; за 200 С – до значень температури 47 °С, 90 °С, більш 100 °С. Дана тенденція зберігається при нагріві навантажених проводів з домішками хрому та ванадію до основного матеріалу струмопровідної жили об’ємом 0,05 % та 0,1 %. Таким чином, незначно знизити температуру нагріву навантаженого проводу в процесі експлуатації можливо зменшенням об’єму домішок в матеріалі жили для всіх видів розглянутих в роботі домішок.

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. Craknell, A.P., Wond, K.C. (1973). The Fermi surface. Its concept, determination, and use in the physics of metal. Oxford: Clarendon press. 565 p.

3. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненгерговугілля України, 2017. 617 с.

УДК 614.841.45

ПРОГРАМА-МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВОГНЕВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ОЦІНЮВАННЯ ОБМЕЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ПРОТИПОЖЕЖНИМ КАРНИЗОМ

Ковалишин Б.М.,
Балло Я.В., *д.т.н., ст. дослідник*
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

Попередні дослідження застосування протипожежних карнизів із застосуванням комп'ютерних моделей на основі газо-гідродинаміки дозволили визначити їх відносну ефективність у порівнянні із фасадом без захисту. Отримані дані продемонстрували, що зміна середнього значення швидкості висхідного потоку та значення тиску в зоні фасаду при застосуванні визначених типів протипожежних карнизів безпосередньо впливає на фактичне значення максимальної площі критичного прогріву фасаду, висоти зони критичного прогріву фасаду, максимального зафіксованого значення температури на поверхні фасаду, а також на створення ефекту повторного приєднання полум'я до площини фасаду будівлі [1–3].

За результатом проведених розрахункових дій попередньо було визначено, що протипожежний карниз у формі «вінглету» дозволяє забезпечити максимальне значення тиску в зоні фасаду (в межах 14,5–15,5 Па) при достатньому значені швидкості висхідного потоку (в межах 3–5 м/с). Дані характеристики забезпечують найбільшу відносну ефективність за критерієм максимальної площі критичного прогріву (не більше 12 % від всієї захищуваної площі фасаду) та найменший діапазон температур на його поверхні. Тобто, порівняння отриманих даних з даними отриманими для базової моделі (фасад без карнизу) свідчить, що застосування протипожежного карнизу у формі «вінглету» навіть при його ширині виступу до 0,3 м дозволяє знизити максимальне значення температури біля поверхні фасаду до 35 %, а площу критичного прогріву досліджуваного фрагменту фасаду фактично в рази.

Таким чином постало завдання, використовуючи обладнання та методологію для проведення натурних вогневих досліджень з прогнозування поширення пожежі по зовнішній поверхні фасаду будівлі, здійснити апробацію виявлених залежностей та закономірностей щодо ефективності даного типу протипожежного карнизу.

Загальна методологія натурних вогневих досліджень має наступну послідовність. На першому етапі здійснюється монтаж фрагменту фасадної системи з врахуванням проектної технології її кріплення. Здійснюється перевірка її цілісності та відповідності геометричним вимогам. Також, до протоколу заносяться дані щодо умов навколишнього середовища, зокрема атмосферний тиск, вологість повітря, температура навколишнього середовища, швидкість вітру. На конструкцію дослідної установки влаштовується дослідний зразок протипожежного карнизу та фіксується. Улаштовуються засоби вимірювальної техніки, а саме температурні датчики, а також на відстані 5 м від установки тепловізор. Для перевірки всіх термопар оператором проводиться контрольне вимірювання і реєстрація початкових значень температур.

Безпосередньо перед початком натурних вогневих досліджень встановлюється деко модельного вогнища пожежі класу 34 В у вогневій камері установки та заливається паливо у кількості не менше 30 л. Наливати воду в деко для вирівнювання рівня дзеркала палива не допускається, оскільки під час горіння великої кількості палива відбувається кипіння води та як наслідок збільшення її об'єму, що супроводжується виливом палива за межі дека. Готуються первинні засоби пожежогасіння (не менше двох порошкових

вогнегасники ВП-9) та перевіряється захисний одягу оператора, який проводить вогневі роботи.

Для фіксації значення температури на поверхні фасаду використовують термопари, які рівномірно розміщені на поверхні фасаду та підключаються до вимірювально-обчислювальної системи «Термоконт» із розрахунку 1 термопара на 0,5 $м^2$ площі конструкції фасаду.

Фото-відеозапис запис процесу досліджень та вимірювання температури на поверхні фасаду інформаційно-вимірювальною системою, а також тепловізором відбувається за 30 секунд перед запаленням вогнища пожежі факелом. Тривалість вогневих досліджень складає не менше 30 хвилин, за умови збереження цілісності зразку протипожежного карнизу, який досліджується. Після повного вигоряння палива та завершення вільного горіння модельного вогнища пожежі за командою керівника досліджень вимикаються засоби вимірювальної техніки. Оператор вогневих робіт, не повинен підходити до дека модельного вогнища не менше 10 хвилин після його затухання. Не допускається подавання води в осередок вогнища пожежі класу В. Оператором вимірювальної техніки проводиться збереження отриманих експериментальних даних на комп'ютерній техніці, а також на фото-відеоапаратурі. Заповнюються протоколи досліджень. Дослідження щодо оцінки ефективності типу протипожежного карнизу проводяться не менше трьох разів для кожного типу фасадної протипожежної перешкоди. Для оцінки ступеня розсіювання значень випадкової величини температури відносно її математичного сподівання та мінливості вибірки обчислюється її середнє квадратичне відхилення за результатами кожної серії досліджень.

Отримані дані дозволять змінити уявлення про вплив конструктивних параметрів фасадних протипожежних перешкод на процеси обмеження поширення пожежі зовнішнім вертикальним конструкціям, а також систематизувати дані щодо ефективності застосування окремих типів протипожежних карнизів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Яковчук Р.С., Балло Я.В., Кузик А.Д. та ін. FDS моделювання ефективності протипожежних карнизів на запобігання поширенню пожежі фасадними конструкціями висотних будівель Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Львів. 2021. № 23. С. 39–45.

2. Балло Я.В., Яковчук Р.С., Ніжник В.В. та ін. Дослідження конструктивних параметрів протипожежних карнизів для запобігання поширенню пожежі фасадними конструкціями висотних будинків. Журнал Пожежна безпека. Львів, 2020. № 37. С. 16–23.

3. Ковалишин Б., Балло Я., Некора В. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 147–150.

УДК 614.841

ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЗМУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ДВОКОМПОНЕНТНИХ ПІРОТЕХНІЧНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ МЕТАЛЕВИХ ПАЛЬНИХ І ФТОРОПЛАСТІВ ПІД ВПЛИВОМ ЗОВНІШНІХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЧИННИКІВ

Ковбаса В.О.,
Кириченко О.В., *д.т.н., професор,*
Школяр Є.В., *к.псих.н.*
Національний університет цивільного захисту України

На сьогодні ущільнені суміші, що складаються з порошків металевих пальних (Mg, Al тощо) та фторопластів (Ф-3, Ф-4 та ін.), широко застосовуються у піротехнічних виробах різного призначення, зокрема у запалювальних складах для патронів і снарядів, трасерах, твердих ракетних паливах, а також в елементах аерокосмічної техніки. Зі збільшенням обсягів використання таких виробів зростає і кількість пожеж і вибухів під час їхнього обігу (зберігання, транспортування тощо), що спричиняє руйнування об'єктів, завдає матеріальних збитків та призводить до травмування або загибелі людей [1–4].

Аналіз подібних випадків свідчить, що основним чинником, який передує займанню та подальшому пожежонебезпечному руйнуванню виробів, є зовнішні термічні впливи. Такі впливи можуть виникати, наприклад, у разі пожеж у складських приміщеннях, під час транспортування, а також при ударних термовпливах у процесі пострілу чи польоту виробів під час їх запуску [5]. Вплив високих температур призводить до передчасного займання та неконтрольованого розвитку горіння компонентів сумішей, що містяться у виробах, що, у свою чергу, спричиняє їх вибухонебезпечне руйнування. Тому важливим завданням є запобігання небажаним передчасним пожежонебезпечним руйнуванням виробів під впливом зовнішніх теплових чинників.

На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень процесу горіння піротехнічних сумішей за умов зовнішніх термічних впливів отримано такі нові результати.

По-перше, визначено механізм горіння сумішей, згідно з яким перетворення вихідної твердої суміші у продукти згоряння є стаціонарним, одновимірним і проходить через кілька характерних зон. У першій зоні – прогрітому шарі конденсованої фази (к-фази) – хімічні перетворення є незначними. Друга зона – реакційна область к-фази – характеризується термічним розкладанням окиснювача та перетворенням твердого середовища в газоподібну фазу, яка містить металеві частинки, що окиснюються у продуктах розкладання. У зоні поверхні горіння, що відповідає межі фазового переходу, відбувається спалахування частинок металу, які внаслідок диспергування переміщуються у газову фазу. Третя зона – область полум'я (тепловиділення у г-фазі), де металеві частинки згоряють у дифузійному режимі в потоці газоподібних продуктів розкладання окиснювача, утворюючи кінцеві продукти згоряння.

По-друге, запропоновано математичну модель горіння ущільнених двокомпонентних сумішей, що складаються з порошків металевого пального та фторопластів. Відмінністю цієї моделі від існуючих аналогів для піротехнічних металізованих сумішей є врахування кінетичних параметрів термічного розкладання окиснювача, процесів високотемпературного окиснення, займання та горіння металевих частинок у продуктах розкладання. Це дозволяє підвищити точність розрахунків (відносна похибка зменшена до 6…8 % у порівнянні з 10…15 % для існуючих моделей) залежностей швидкості горіння від температури нагріву та зовнішнього тиску. Окрім того, модель дає змогу визначати критичні діапазони зміни параметрів процесу горіння, перевищення яких

призводить до прискореного горіння сумішей і пожежовибухонебезпечного руйнування виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yaman, H., Çelik, V., Degirmenci, E. (2014). Experimental investigation of the factors affecting the burning rate of solid rocket propellants. Fuel 115. 794. URL: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.05.033

2. Uhlenhake, K.E., Yehia, O.R., Noel, A., Terry, B.C., Örnek, M., Belal, H.M., Gunduz, I.E., Son, S.F. (2022). On the Use of Fluorine Containing Nano-Aluminum Composite Particles to Tailor Composite Solid Rocket Propellants. Propellants Explos. Pyrotech. 47. e202100370. URL: https://doi.org/10.1002/prep.202100370

3. Skaggs, M.N., Hargather, M.J. & Cooper, M.A. (2017). Characterizing pyrotechnic igniter output with high-speed schlieren imaging. Shock Waves. 27. 15–25. URL: https://doi.org/10.1007/s00193-016-0640-5.

4. Vellaisamy, U., Biswas, S. (2020). Effect of metal additives on neutralization and characteristics of AP/HTPB solid propellants. Combustion and Flame. 221. 326–337. ISSN 0010-2180. URL: https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2020.08.006

5. Kozyar, N., Kyrychenko, O., Romaniuk, I., Ballo, Ya., Vaschenko, V., Shkoliar, Ie. (2024). Mathematical modelling of the combustion process of particles of two-component metal alloys in the decomposition products of pyrotechnic mixtures. Вісті Донецького гірничого інституту. №1(54). С. 50–62. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/21894

УДК 624.012

ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ НАДІЙНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В ПК «ЛІРА-САПР»

***Колосок К.С.*[1],**
***Отрош Ю.А.*[2],** *д.т.н., професор,*
***Пурденко Р.Р.*[3]**
[1]*ВТБ УЗНС ГУ ДСНС України у Київській області,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України,*
[3]*ПП «ПроектБудСтар»*

В даний час, як і раніше, актуальна задача підвищення якості планувальних, архітектурних і будівельних рішень, зниження вартості будівель і споруд, а також житлових будинків, скорочення питомих капітальних вкладень на одиницю потужності, що вводиться в дію. Рішення цих задач можливе лише при досягненні високої якості всіх проектних розробок.

Проектування складних об'єктів і рішення основних задач неможливе сьогодні без систем автоматизованого проектування (САПР), систем управління базами даних і систем управління даними про проєкт. Функціональність таких систем стрімко розширюється. Проте не менш важливим чинником, що визначає успішне вирішення задач проектування, є використовування відповідних методологій, що дозволяють моделювати роботу конструкцій більш наближено до реальної її роботи, виявляти картину поведінки конструкцій, аналізувати особливості деформації як окремих складових частин конструкції, так і об'єкту в цілому, оцінювати і доповнювати дані натурних обстежень, вирішувати широке коло проєктних задач.

Нові методології проектування повинні враховувати, що на різних етапах життєвого циклу об'єкту потрібні різні дані про проєкт, і при цьому значної актуальності набуває вимога дотримання цілісності даних, врахування роботи конструкцій на різних етапах їх існування.

Сучасний підхід до комплексної автоматизації у всьому світі направлений на інтеграцію програмних продуктів в єдину програмну платформу, а не на комбінацію різних систем.

Програмна платформа, що забезпечує комплексне рішення задач будівельного проєктування, повинна відповідати наступним ключовим властивостям:

– параметризація, як на рівні 3D-моделі, так і при підготовці креслярської і технологічної документації; яка означає, що у будь-який момент можна змінити які-небудь параметри проекту з оновленням всіх необхідних даних решти підсистем;

– геометричне ядро 3D-моделювання, що розвивається;

– інтегровані наукомісткі розрахункові комплекси;

– інструментарій для автоматизації конструювання і створення креслярської документації.

Будівельну галузь в Україні до нещодавнього часу спеціалісти відносили до числа тих, на яку менш за все впливає інформатизація. Серйозний поштовх в розвитку будівельна галузь отримала в березні 2014 року, коли вперше на державному рівні почалось обговорення питання запровадження технології інформаційного моделювання, так звані BIM-технології (від анг. BIM-buildinginformationmodel).

В теперішній час для розв'язування задач по забезпеченню надійності будівельних конструкцій на стадії проектування використовують багато програмних комплексів, такі як ПК «ЛІРА-САПР», SCADoffice, AutodeskRobot, SOFiSTiK, МОНОМАХ-САПР.

Одним з представників BIM-технологій є програмний комплекс (ПК) «ЛІРА-САПР» призначений для реалізації технології інформаційного моделювання будівель/споруд і орієнтована на проектування і розрахунок будівельних конструкцій. Реалізація технології BIM дозволяє інтегруватись з такими додатками, як САПФІР-3D, Revit, Tekla, AutoCAD, ArchiCAD, AdvanceSteel, BoCAD, Allplan, STARK ES, Gmsh та інші на основі DXF, MDB, STP, SLI, MSH, STL, OBJ, IFC тощо.

ПК «ЛІРА-САПР» з 2019 року є основним програмним комплексом в Україні, рекомендованим Державним підприємством НАЕК «Енергоатом» для розрахунків будівельних конструкцій атомних станцій, про це свідчить Розпорядження Національної Атомної Енергогенеруючої Компанії від 16.09.2019 № 944-р «Щодо введення в дію переліку розрахункових кодів для обґрунтування безпеки ядерних установок і об'єктів для поводження з радіоактивними відходами (РАВ)».

Результати практичного застосування ПК «ЛІРА-САПР» свідчать про позитивний досвід та ефективність його використання для визначення параметрів напружено-деформованого стану, а також обґрунтування міцності, несучої здатності та сейсмостійкості і безпеки відповідальних інженерних конструкцій та систем, таких як будівельні конструкції, технологічне обладнання тощо [4–8]. Ці результати отримані на реальних виробництвах, які проектуються та експлуатуються.

Результати проведених розрахункових досліджень з використанням ПК «ЛІРА-САПР» щодо обґрунтування працездатності та безпеки конструкцій енергоблоків АЕС та об'єктів для поводження з РАВ отримали позитивні оцінки від замовників досліджень та від українських та зарубіжних експертів в галузі ядерної та радіаційної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош Ю.А., Майборода Р. І., Ромін А. В. Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. Науковий журнал «Механіка та математичні методи». 2023. Вип. 2. С.25–40.

2. Maiboroda R., Zhuravskij M., Otrosh Y., Karpuntsov V. Determination of the Required Area of Easily Removable Structures to Protect Against Progressive Collapse. Key Engineering Materials. 2024. 1004. P. 73–83.

3. Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Дослідження методики розрахунку стійкості до прогресуючого обвалення будівель внаслідок пожежі та вибуху. Наукове видання комунальне господарство міст науково–технічний збірник. Серія: «Технічні науки та архітектура». Том 3. Випуск 191. С. 115–127.

4. Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Сур'янінов М.Г. Моделювання стійкості та надійності системи грунт-фундамент-будівля при дії силових та високотемпературних впливів. Механіка та математичні методи. VI/1/2024. С.36–48. https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-36-48

5. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Рудаков С.В., Томенко В.І.,Юрченко С.П. Вогнестійкість вогнезахищених сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023. № 1(37). С. 282–292.

6. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Рашкевич Н.В., Тараненко І.С. Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахищених залізобетонних будівельних конструкцій. Комунальне господарство міст, 2023. Том 3, вип. 177. С. 134–141.

7. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І. Вогнестійкісті вогнезахищених залізобетонних конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2022. № 2(36). С. 102–122.

8. Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Томенко В.І., Рашкевич Н.В., Юрченко С. Моделювання нестаціонарного прогріву вогнезахищених залізобетонних колон. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2022. № 2(14) С. 87–98.

УДК 614.841

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА РИЗИКИ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ У ЗАКРИТИХ ОБ'ЄМАХ

***Копачов М.В.*[1],**
***Ященко В.Г.*[2],**
***Рашкевич О.С.*[2],** *к.т.н.*
[1]*ГУ ДСНС України у Донецькій області,*
[2]*ГУ ДСНС України у Харківській області*

В умовах воєнного стану зростають ризики виникнення пожеж. Ці ризики особливо небезпечні у закритих об'ємах, таких як укриття, підвали, промислові та житлові будівлі, що зазнали руйнувань. Пожежі в таких умовах супроводжуються швидким накопиченням токсичних продуктів горіння, обмеженим доступом до засобів пожежогасіння та ускладненою евакуацією людей.

Дослідження [1] підкреслює важливість підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій, що особливо актуально у контексті руйнувань, спричинених воєнними діями. Аналіз складу продуктів горіння синтетичних матеріалів [2] дозволяє оцінити додаткові загрози, пов'язані з використанням полімерних матеріалів у будівлях, що можуть загорітися під впливом вибухів або бойових пошкоджень.

В роботі [3] розглядаються наслідки ракетно-артилерійських ударів, що спричиняють пожежі та руйнування, які ускладнюють ліквідацію загорянь. У свою чергу [4] деталізує попередження техногенних надзвичайних ситуацій у зоні бойових дій, що напряму стосується ризиків виникнення пожеж у закритих об'ємах. Додатково, проєктування та будівництво фортифікаційних споруд [5] має враховувати аспекти пожежної безпеки, оскільки укриття часто використовуються для тимчасового перебування людей, що робить їх вразливими у разі займання.

Внесок у питання пожежної безпеки робить дослідження [6], яке розглядає можливості використання нанотехнологій для підвищення стійкості будівельних матеріалів до займання. Аналіз розповсюдження продуктів горіння [7] спрямовано на оцінку умов виживання людей у закритих об'ємах під час пожежі. Фактори безпеки життєдіяльності, розглянуті у роботі [8], а також концепція безпеки середовища життєдіяльності [9], допомагають сформувати комплексний підхід до мінімізації ризиків, пов'язаних із пожежами в умовах воєнного стану.

Основними факторами підвищення пожежонебезпеки є руйнування інфраструктури, застосування вибухових речовин, порушення систем пожежної безпеки та накопичення горючих матеріалів (таблиця 1).

Таблиця 1. Основні фактори впливу

№	Фактор	Опис	Наслідки
1	Застосування вибухових речовин	Вибухи можуть спричиняти загоряння легкозаймистих матеріалів та пошкоджувати конструкції.	Різке підвищення температури та утворення відкритого полум'я. Руйнування протипожежних перешкод.
2	Порушення електромережі	Обриви проводки, короткі замикання, перевантаження мереж.	Іскроутворення та загоряння. Підпалення горючих матеріалів.
3	Наявність токсичних речовин	Знищення промислових підприємств, складів хімікатів.	Утворення отруйних продуктів горіння (CO, HCN, діоксини).
4	Знищення	Руйнування водопостачання,	Неконтрольоване поширення

№	Фактор	Опис	Наслідки
	систем пожежогасіння	відсутність доступу до вогнегасників.	вогню.
5	Нестача кисню у закритих приміщеннях	Обвалення будівель або укриттів, що обмежує доступ повітря.	Горіння у режимі тління та виділення токсичних газів (CO, HCN, NOx).
6	Горючі матеріали у будівлях	Дерев'яні конструкції, пластмаси, меблі, паливо.	Швидке розповсюдження пожежі. Висока температура та задимлення.

Обстріли, вибухи та термічний вплив призводить до утворення токсичних продуктів згоряння в умовах обмеженого доступу кисню. Обмежена робота системи протипожежного захисту, порушення вентиляції та скупчення вибухонебезпечних матеріалів ускладнюють гасіння та евакуацію людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тараненко І., Рашкевич Н.В. Питання підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій в умовах сьогодення. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 75–77.

2. Рашкевич Н.В. Исследование состава продуктов горения синтетического волокна. East journal of security studies. 2017. Т. 1. С. 194–201.

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

4. Рашкевич Н.В., Рашкевич О.С., Ребров О.В., Шевченко Р.І. Попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру в зоні бойових дій. Комунальне господарство міст, 2024. Том 4, вип. 185. С. 211–200.

5. Безуглий Я.П., Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В. Будівництво дрібних захисних фортифікаційних споруд – залізобетонних бліндажів циліндричної форми заводського виготовлення. ВІСТІ Донецького гірничого інституту №2 (51), 2022. С. 7–13. URL: https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-2-7-13

6. Щолоков Е.Е., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В. Нанотехнології в питаннях забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд: матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах» (Харків, НТУ «ХПІ», 1-2.12.2022 р.).

7. Полупан В.А., Рашкевич Н.В. Особливості розповсюдження продуктів загоряння. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗУ, 23 лютого 2023. С. 62–63.

8. Гаврилюк К.Р., Черепаха Р.Е., Рашкевич Н.В. Розгляд факторів забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Харків: НУЦЗ України, 29 лютого 2024. С. 184–185.

9. Карпенко В.Л., Черепаха Р.Е., Рашкевич Н.В. Сутність концепції забезпечення безпеки середовища життєдіяльності. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 298–299.

УДК 614.841

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

***Крошка М.К.*[1],**
***Шевченко О.С.*[2],** *к.т.н.,*
***Рашкевич О.С.*[3],** *к.т.н.*
[1]*ГУ ДСНС України у Донецькій області,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України,*
[3]*ГУ ДСНС України у Харківській області*

З розвитком відновлюваної енергетики та збільшенням використання сонячних панелей у будівництві зростає необхідність оцінки їхньої пожежної небезпеки. Сонячні панелі є джерелом електричної енергії, що може стати причиною загоряння у разі короткого замикання, перевантаження або пошкодження конструкцій. Додаткові фактори, такі як високі температури експлуатації, накопичення пилу та органічних матеріалів, а також можливість пошкоджень під час природних катаклізмів чи техногенних аварій, підвищують ризик пожеж. Тому розробка методики оцінки пожежної небезпеки сонячних панелей є актуальним завданням для підвищення рівня безпеки експлуатації альтернативних джерел енергії.

Роботи [1, 2] з оптимізації розрахунків будівельних конструкцій є основою для розуміння поведінки конструктивних елементів при впливі високих температур, що критично важливо для оцінки ризиків займання сонячних панелей, які встановлюються на дахах і фасадах будівель. Дослідження [3] щодо експериментальних досліджень титанових сплавів може бути використане для аналізу матеріалів, які застосовуються у кріпленнях сонячних панелей, та їхньої термічної стійкості.

Робота [4] щодо оцінювання вогнестійкості будівельних конструкцій із застосуванням вогнезахисту є важливою у контексті розробки методик захисту сонячних панелей та їхніх несучих елементів від термічного впливу. Дослідження [5] про вогнестійкість сталевих конструкцій є ключовим для визначення меж вогнестійкості несучих елементів, що використовуються для монтажу панелей.

Моделювання вогнезахисту світлопрозорих фасадних конструкцій [6] має прямий зв’язок із дослідженням поведінки сонячних панелей, які часто інтегруються у фасадні системи. Дослідження стійкості світлопрозорих конструкцій під впливом високих температур [7] доповнює цей аналіз, оскільки сонячні панелі можуть створювати локальні зони перегріву та сприяти розповсюдженню пожежі.

Основні фактори пожежної небезпеки сонячних панелей:

– перегрів електричних з’єднань та компонентів системи;

– виникнення електричних дуг у разі пошкодження проводки або контактів;

– вплив зовнішніх чинників (удари блискавки, механічні пошкодження, забруднення тощо);

– горючість матеріалів, що використовуються для виготовлення панелей та конструкцій.

Методика оцінки пожежної небезпеки сонячних панелей складається з етапів:

1. Аналіз конструктивних особливостей. На цьому етапі проводиться вивчення будови сонячних панелей (типи матеріалів, конструкцію електричних з’єднань, методи їх герметизації та захисту, тип кріплень та їх вплив на тепловий режим системи, тощо).

2. Дослідження можливих режимів перевантаження, короткого замикання та появи електричних дуг. Цей етап передбачає визначення потенційних електричних небезпек, що можуть спричинити займання.

3. Розрахунок нагрівання компонентів системи. Оцінюється температура нагрівання елементів фотоелектричної системи під впливом:

4. Тестування поведінки матеріалів та з’єднань під впливом критичних температур і механічних пошкоджень. На цьому етапі досліджуються властивості матеріалів, що входять до складу панелей, при впливі високих температур та механічних навантажень.

5. Моделювання сценаріїв загоряння та поширення вогню. Здійснюється розрахунок динаміки поширення полум’я у різних монтажних схемах.

6. Розробка запобіжних заходів. На основі отриманих даних формуються рекомендації щодо зменшення ризику займання та покращення пожежної безпеки.

Запропонований підхід дозволяє комплексно оцінити потенційні ризики займання, визначити критичні фактори та розробити заходи для їх мінімізації. Використання негорючих матеріалів, впровадження систем моніторингу та вдосконалення методів експлуатації сприятимуть зниженню ризиків пожеж, що зробить застосування сонячних панелей більш безпечним і ефективним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N. (2024). Optimization of building structures. Mechanics and mathematical methods. VI/1/2024. С. 17–25. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-17-25

2. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N., Kondratiev, A. Optimization of calculations of building structures. Механіка та математичні методи : науковий журнал. Одеса : ОДАБА, 2023. Том V. Вип. №1. С. 6–13.

3. Medved, I., Rashkevich, N., Otrosh, Yu., Tomenko, V. (2024). Analysis of Experimental Studies of Titanium Alloy. Materials Science Forum. 1141. 35–42. DOI: https://doi.org/10.4028/p-rYw4RJ

4. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Рашкевич Н.В., Тараненко І.С. Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахищених залізобетонних будівельних конструкцій. Комунальне господарство міст, 2023. Том 3, вип. 177. С. 134–141.

5. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Рудаков С.В., Томенко В.І., Юрченко С.П. Вогнестійкість вогнезахищених сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об’єктів. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023. № 1(37). С. 282–292.

6. Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Балдук П.Г. Моделювання вогнезахисту світлопрозорих фасадних конструкцій з влаштуванням зрошувачів. Механіка та математичні методи. Одеса : ОДАБА, 2024. Том VI. № 2. С. 160–174. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-2-160-174

7. Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Кіріченко Д.О. Дослідження стійкості світлопрозорих фасадних конструкцій при впливі високих температур. Комунальне господарство міст, 2024. Том 6, вип. 187. С. 224–232. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-6-187-224-232

УДК 614.842

АДРЕСНІ СИСТЕМИ ОХОРОННО-ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Костирка О.В., *к.т.н., доцент,*
Боровик Н.В.,
Торчевська Є.Е.
Національний університет цивільного захисту України

Перші охоронні системи не мали адресації: сповіщувачі передавали сигнал тривоги, просто замикаючи або розмикаючи внутрішні контакти. Згодом були розроблені адресні сповіщувачі та центральні пристрої сигналізації, які дозволяли не лише передавати сигнал тривоги, а й ідентифікувати пристрій, що його активував.

Сучасні системи використовують більш розумні адресно-аналогові сповіщувачі, які передають значення контрольованих параметрів разом із адресою по шлейфу. Це дає змогу не лише оперативно виявляти загрози, а й контролювати стан обладнання, вчасно визначати необхідність профілактичного обслуговування через забруднення чи зміну чутливості пристрою.

З розвитком інформаційних технологій більшість виробників почали випускати обладнання з програмним забезпеченням, яке дозволяє підключати системи до звичайних персональних комп'ютерів. Основною перевагою такого підходу є зручне й наочне відображення інформації, а також простота управління. При цьому загальна вартість системи залишається майже незмінною. Однак надійність роботи безпосередньо залежить від стабільності операційної системи та програмного забезпечення, які можуть давати збої. Помилки в програмах трапляються як у вітчизняних, так і в закордонних виробників, інколи досить серйозні. Тому комп'ютер в охоронних системах доцільно використовувати лише для візуалізації даних, передбачивши альтернативні механізми функціонування системи в разі відмови ПК.

Оскільки ця стаття присвячена охоронним сигналізаціям, а адресно-аналогові пристрої здебільшого застосовуються в пожежних системах, далі розглядатимуться лише адресні та неадресні пристрої.

На сьогодні вважається, що для малих об'єктів оптимальним і економічно доцільним є використання неадресного обладнання, тоді як для середніх і великих об'єктів краще підходить адресне. Однак кожен тип сповіщувачів має свої переваги та недоліки, тому вибір обладнання має ґрунтуватися на особливостях об'єкта й вимогах замовника.

До ключових переваг адресних сповіщувачів належать висока інформативність, підвищена надійність і зменшення витрат на кабельну інфраструктуру.

Розглянемо ці переваги на прикладі умовного об'єкта – 5-поверхового торгового центру, в якому на кожному поверсі розташовано по 30 магазинів. Якщо спрацьовує сповіщувач на одному з шлейфів, центральна система повинна визначити, в якому саме з 150 магазинів це сталося. Припустимо, що в кожному приміщенні встановлено 2 об'ємних пасивних інфрачервоних сповіщувачі, акустичний сповіщувач для розбиття скла, 2 геркони та 2 тривожні кнопки.

У денний час всі приміщення знімаються з охорони, однак тривожні кнопки мають залишатися активними. Для організації такої системи на неадресних сповіщувачах потрібно прокласти два окремих неадресних шлейфи в кожне приміщення, що означає близько 300 шлейфів для 1200 пристроїв. Водночас, при використанні адресного обладнання достатньо лише 10 шлейфів, з розрахунком на 128 пристроїв у кожному.

Також важливо враховувати, що при обриві неадресного шлейфу він втрачає повну працездатність. Натомість, адресні шлейфи з кільцевою топологією та використанням

ізоляторів короткого замикання дозволяють підтримувати роботу системи навіть при пошкодженні шлейфу і швидко локалізувати несправності.

Основними недоліками адресних охоронних систем є відсутність єдиного протоколу і висока вартість обладнання. Для деяких охоронних систем також існує проблема з часом опитування шлейфу, що може бути довгим, збільшуючи тим самим час на передачу сигналу тривоги.

Відсутність єдиного протоколу ускладнює інтеграцію обладнання від різних виробників у єдину систему. Більшість виробників випускають пристрої, які працюють тільки за закритим протоколом, через що адресні системи зазвичай будуються лише на обладнанні одного виробника. Більшість компаній також виробляють адресні модулі для підключення неадресних сповіщувачів, але такі модулі зазвичай дорогі і використовуються в основному в тих випадках, коли необхідно підключити кілька неадресних сповіщувачів.

Розглянемо співвідношення цін на адресне та неадресне обладнання на прикладі нашого умовного об’єкта. У цьому порівнянні ми враховуємо лише вартість кінцевого обладнання, оскільки саме воно визначає загальну ціну системи. Якщо порівнювати ціни на адресне і неадресне обладнання одного європейського виробника, то адресне обладнання буде дорожчим у 2,5 рази. Для вітчизняного обладнання ця різниця зазвичай становить 1,7 рази. У цих розрахунках враховуються тільки ціни на пристрої без вартості кабелів.

При складанні специфікації для умовного об’єкта слід пам’ятати, що для неадресної системи потрібно буде прокласти набагато більше кабелів, ніж для адресної. Тому європейська адресна система буде дорожчою не в 2,5 рази, а лише в 1,5 рази. Для вітчизняних систем із урахуванням вартості кабелів, ціни на адресні та неадресні системи можуть навіть зрівнятися.

Також потрібно враховувати витрати на проектування, монтаж обладнання та прокладку кабельних трас. В результаті вітчизняна адресна система може виявитися навіть дешевшою за неадресну.

Отже, використання адресного обладнання є не тільки зручним, а й економічно обґрунтованим, оскільки воно далеко не завжди дорожче за неадресне. Однак, часто можна знайти ситуації, коли неадресна система задовольняє всі вимоги і коштує дешевше.

Іноді найбільш доцільним варіантом є використання гібридних систем, де основна частина сигналізації будується на адресному обладнанні, а для неадресних шлейфів застосовуються адресні модулі.

Аналізуючи основні переваги та недоліки різних систем охоронної сигналізації для конкретного об’єкта, можна зробити висновок, що адресні системи найбільш ефективні для великих і складних об’єктів, де важливими є простота реалізації проекту, функціональні можливості, гнучкість і масштабованість системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».
2. ДСТУ ISO/TS 7240-29:2022 «Системи пожежної сигналізації та оповіщення».

УДК 614.8.084

ПРО ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ БАЛОНЧИКІВ ДЛЯ ЗАПРАВКИ ЗАПАЛЬНИЧОК ТА ГАЗОВИХ БАЛОНЧИКІВ

Кравченко Р.І., *к.т.н., ст. досл.,*
Гулик Ю.Л.,
Хроменков Д.Г.
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

Одними з потенційно пожежонебезпечних видів продукції для користувачів, особливо в побуті, є балончики для заправки запальничок і газові балончики. В умовах зберігання та транспортування у великій кількості ця продукція може сприяти виникненню аварій та надзвичайних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки.

На сьогодні в Україні має місце надання на ринку балончиків для заправки запальничок і газових балончиків, на яких нанесено маркування «перевернутий епсилон» (див. рис. 1), що підтверджує їх відповідність Технічному регламенту аерозольних розпилювачів. Водночас, у торгівельних мережах має місце реалізація цієї продукції без такого знака відповідності.



Рис. 1. Балончики для заправки запальничок і газовий балончик.

Думки з приводу обов'язкового нанесення знака відповідності «перевернутий епсилон» на балончики для заправки запальничок і газові балончики та застосування до них Технічному регламенту аерозольних розпилювачів серед суб'єктів господарювання та органів контролю різняться.

Для усунення зазначеної проблеми розглянуто положення додатка А до Європейської Угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (далі – ДОПНВ) [1], [2].

Аерозольний розпилювач – це продукція, що складається з ємності одноразового використання, виготовленої з металу, скла або пластмаси, яка містить стиснений, зріджений або розчинений під тиском газ із рідиною, пастою або порошком чи без них, і оснащеної випускним пристроєм, який вивільняє її вміст у вигляді твердих чи рідких частинок, завислих у газі, піні, пасті чи порошку, або в рідкому чи газоподібному стані [1].

Аерозольні розпилювачі мають № ООН 1950, і вони задовольняють загальним

вимогам 6.2.6 додатка А до ДОПНВ [2], якщо відповідають вимогам додатка А до Директиви 75/324/ЄЕС, на основі якої розроблено Технічний регламент аерозольних розпилювачів.

Водночас балончики для заправки запальничок мають № ООН 1057, а газові балончики – № ООН 2037.

Газовий балончик або ємність мала, що містить газ – це ємність одноразового використання, що має місткість по воді не більше 1000 мл, якщо її виготовлено з металу, і не більше 500 мл, якщо її виготовлено із синтетичного матеріалу або скла. Вона може бути оснащена випускним пристроєм [1].

До газових балончиків, як щодо аерозольних розпилювачів, встановлені вимоги до конструкції, виготовлення, стійкості до гідравлічного тиску та герметичності[2].Балончики, що містять займисті гази, мають відповідати EN 417 [3], що прийнятий як національний стандарт України, відповідно до якого їх маркують номером «UN 2037» і знаком «Пі» згідно з Директивою 2010/35/ЄС, на основі якої розроблено Технічний регламент рухомого обладнання, що працює під тиском. Оцінку відповідності газових балончиків здійснюють згідно з цим технічним регламентом та пунктом 1.8.8 додатка А до ДОПНВ [1]. Такі балончики мають супроводжуватися сертифікатом відповідності.

Балончики для заправки запальничок мають відповідати вимогам правила 201 пункту 3.3.1 додатка А до ДОПНВ [1] і нормативним вимогам країни, в якій їх було заповнено.

Балончики для запальничок та газові балончики, які містять займисті або інші небезпечні хімічні речовини, мають бути марковані згідно з Технічним регламентом класифікації небезпечності, маркування та пакування хімічної продукції та супроводжуватися паспортом безпечності хімічної продукції, якщо це вимагається, згідно з Технічним регламентом щодо безпечності хімічної продукції.

Таким чином, уведення в обіг на ринку України:

1) балончиків для заправки запальничок та газових балончиків має здійснюватися з дотриманням вимог додатка А до ДОПНВ [1], [2], Технічного регламенту класифікації небезпечності, маркування та пакування хімічної продукції та Технічного регламенту щодо безпечності хімічної продукції;

2) газових балончиків додатково має здійснюватися з дотриманням вимог Технічного регламенту рухомого обладнання, що працює під тиском, а також національного стандарту України, що відповідає EN 417 [3];

3) балончиків для заправки запальничок додатково має здійснюватися з дотриманням вимог Закону України «Про загальну безпечність нехарчової продукції».

Нанесення на цю продукцію символу «перевернутий епсилон» згідно з Технічним регламентом аерозольних розпилювачів є не допустимим.

ЛІТЕРАТУРА

1. Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road. ECE/TRANS/352 (Vol.I). United Nations, Geneva, 2024. 650 pp.

2. Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road. ECE/TRANS/352 (Vol.II). United Nations, Geneva, 2024. 662 pp.

3. EN 417:2012 Non-refillable metallic gas cartridges for liquefied petroleum gases, with or without a valve, for use with portable appliances – Construction, inspection, testing and marking. European Committee for Standardization, Brussel, 2012. 40 pp.

УДК 614.841

МЕТОДИКА ОБЧИСЛЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

Кравченко С.С.,
Черненко Я.Р.,
Новгородченко А.Ю., *PhD,*
Поздєєв С.В., *д.т.н.,професор*
Національний університет цивільного захисту України

Метою роботи було дослідження та прогнозування несучої здатності дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням за допомогою відповідних розрахунків, рекомендованих в Єврокоді 5 [1]. Вказаний підхід полягає у обчисленні несучої здатності досліджуваних дерев'яних балок за виразами, які встановлюють її за напруженнями згину у перерізі за формулою:

$$f_{c,d\,fi}=k_{\mathrm{mod},fi}f_{c,0,k}, \tag{1}$$

де $f_{c,0,k}$ = 50 МПа – міцність деревини сосни конструкційної на згин за нормальних умов [1];

$k_{\mathrm{mod},fi}=\dfrac{W_{ef}}{W_r}$ – коефіцієнт зниження міцності [1, 2];

де W_{ef} – ефективний осьовий момент опору перерізу балки, з урахуванням конфігурації зони обвуглювання; W_r – осьовий момент опору перерізу дерев'яної балки за умов нормальної температури.

Переріз будь-якої дерев'яної балки прямокутного перерізу за нормальних умов обчислюється осьовий момент опору за формулою:

$$W_r=\frac{bh^2}{6} \tag{2}$$

Для розрахунку ефективного моменту опору перерізу дерев'яної балки з вогнезахистом, потрібно врахувати геометричну конфігурацію зони обвуглювання перерізу деревини. Було враховано спеціальну методику, яка створена на алгоритмі при наближенні лінії ізотерми із критичною температурою 200 □C. Ці наближення були побудовані за допомогою ліній Бєз'є і складалися із таких розрахункових процедур [3]:

1. Для дерев'яної балки з вогнезахисним облицюванням визначають торцеву й бічну товщину зони обвуглювання її перерізу за час впливу пожежі відповідно стандартного температурного режиму.

2. Визначають функцію, відповідно до лінії Бєз'є, що апроксимує контур обвугленої зони в перерізі.

3. Після визначення виразу апроксимуючої функції обчислюють відповідний осьовий момент опору перерізу дерев'яної балки, з урахуванням геометричної конфігурації зони обвуглювання. Для цього використовують формулу [1]:

$$W_{ef}=J_{xC}/(y_0-y_C) \tag{3}$$

де J_{xC} – осьовий центральний момент інерції.

Перші похідні від функцій кривих Без'є, що апроксимують контур обвугленої зони, обчислюються за формулами [4]:

$$\frac{dx(u)}{du} = \sum_{k=1}^{n} x_k B'_{k,n}(u), \quad \frac{dy(u)}{du} = \sum_{k=1}^{n} y_k B'_{k,n}(u). \tag{4}$$

Перші похідні за параметром *u*, що змінюється від 0 до 1, від поліномів Бернстайна обчислюють за формулами [4]:

$$B'_{k,n}(u) = B_{k,n}(u)\frac{k-nu}{u(1-u)}, \tag{5}$$

При інтегруванні даних формул для визначення моменту опору перерізу балки повинна бути врахована сингулярність значення похідних, що визначають за формулою (4). У тому випадку, значення параметру *u*, що використовується для визначення координат у параметричній формі, набуває таких значень *u*=0 та *u*=1. Щоб провести інтегрування, ці значення мають бути виключені з інтервалу інтегрування і замінені у межах необхідної похибки (наприклад, за похибки 0,001 мають бути прийняті початкові значення інтервалу інтегрування *u*=0,001 та кінця інтервалу інтегрування *u*=0,999).

Таким чином, завдяки використанню розробленої методики обчислення, що складається з представлених формул і за допомогою апроксимації ліній Без'є, можна визначити несучу здатність досліджуваних дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням, для різної тривалості впливу стандартного температурного режиму пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-2. Загальні правила. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1995-1-2:2004, IDT) ДСТУ-Н Б EN 1995-1-2:2012 [Чинний від 01.07.2013] Мінрегіонбуду України від 21.12.2012 р. № 652. 90 с. (Національний стандарт України).

2. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT) ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 [Чинний від 01.07.2013] Мінрегіонбуду України від 27.12.2010 р. № 549. 74 с. (Національний стандарт України).

3. Поздєєв С., Новгородченко А., Змага Я., Новгородченко В. Дослідження температурних розподілень у перерізах дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням// Збірник наукових праць ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація», 2024. Том 8. № 1. С. 83–90.

4. Поздєєв С., Новгородченко А., Змага Я., Новгородченко В., Шналь Т. Математичне моделювання для описання ліній контурів обвугленої зони дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням. Збірник наукових праць ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація», 2024. Том 8. № 2.

УДК 331.45:37:355.01 (477)

ЗАПОБІГАННЯ НЕЩАСНИМ ВИПАДКАМ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ УКРАЇНИ

Крайник Г.С., *к.ю.н., доцент*
Житомирський державний університет імені Івана Франка

Покращення рівня охорони праці та запобігання нещасним випадкам в умовах воєнного стану в Україні вимагає комплексного підходу, який охоплює підготовку працівників, захист інфраструктури, дотримання законодавства та адаптацію до умов, що суттєво змінились. Нижче наведені рекомендації щодо запобігання нещасним випадкам та покращення охорони праці в закладах освіти України під час дії воєнного стану.

Варто зауважити, що низка заходів вже здійснюється, зокрема, для запобігання нещасним випадкам в закладах освіти України під час воєнного стану здійснюються такі заходи:

1) облаштування безпечного простору. Засновникам і керівникам закладів освіти потрібно забезпечити облаштування укриттів, запасних виходів та проведення заходів щодо мінної безпеки [1];

2) експериментальний проєкт безпеки. Міністерство освіти і науки України реалізує експериментальний проєкт щодо посилення безпеки освітнього середовища, який включає забезпечення укриття учасників освітнього процесу, пожежної та техногенної безпеки, облаштування технічними засобами охорони тощо [2];

3) пожежна та техногенна безпека. Заклади освіти повинні бути обладнані системами протипожежного захисту та забезпечувати дотримання вимог законодавства щодо пожежної безпеки [3];

4) охорона закладів освіти. Забезпечується охорона закладів освіти, зокрема, із залученням органів поліції охорони, та контроль за доступом сторонніх осіб [3, 4]. Зокрема, заслуговує на увагу досвід Ізраїлю, де у школах, в яких навчається понад сто учнів, передбачається професійний охоронець. Він проходить тренінгові навчання за стандартами, затвердженими ізраїльською поліцією. Загальна відповідальність за роботу охоронців покладається на поліцію Ізраїлю. Діяльність охоронців контролюється охоронною компанією на підставі угоди, підписаної між охоронною компанією та місцевою владою і відповідно до інструкцій поліції. В Ізраїлі до початку занять охоронець здійснює ранкову перевірку всієї території школи та найближчих околиць щодо виявлення підозрілих осіб, предметів та транспортних засобів (оглядає сміттєві баки, пісочниці, рослинність тощо), адже критичними є години, коли заклад порожній. Охоронець зобов'язаний зачинити всі ворота в закладі освіти до того, як учні входять до приміщення, та провести такий ранковий огляд перед початком уроків. Охоронець зобов'язаний здійснювати регулярну перевірку закладу в навчальний час – мінімум двічі, бажано перед виходом школярів на перерву. У навчальний час охоронець повинен перебувати біля головних воріт закладу, щоб контролювати територію воріт та шкільне подвір'я та реагувати у разі надзвичайних подій. У періоди, коли здобувачі прибувають/йдуть із закладу, охоронець має спостерігати й контролювати шляхи доступу до закладу освіти, оскільки це відомі для здобувачів та сторонніх осіб фіксовані години з великим скупченням людей. У ці періоди часу охоронець має бути готовим відреагувати навіть на подію, яка може статися поза стінами школи [3].

Приміщення повинні бути забезпечені питною водою, харчами, засобами пожежогасіння та медичним обладнанням для надання першої допомоги. Необхідно передбачити резервне освітлення та засоби зв'язку. Кожен захищений простір повинен мати чітке маркування, яке інформує про місце розташування та відповідальних за нього

особи [4]. При цьому не уточнено, скільки води має бути на людину. Вважаю, що в укритті має бути не менше 1,5 літри води на людину.

Є часткові роз'яснення МОН України щодо дій в режимі воєнного стану [5].

Водночас, низка заходів потребує додаткового розгляду. Першочергові заходи. Організація робочого місця з урахуванням повітряних тривог, ймовірного потрапляння ракет, снарядів, уламків тощо. Важливими є упорядкування евакуаційних виходів, з вказівкою на найближче укриття.

Сховища мають бути забезпечені достатньою кількістю питної води (орієнтовно 1,5 літра води на людину) та продуктами, що не псуються. У дитячих навчальних закладах (далі – ДНЗ) та школах за зберігання води та продуктів харчування відповідальні медсестра та завгосп, а за додатково куплені продукти за рахунок батьків в окремих групах та класах – вихователі ДНЗ або класні керівники шкіл, ліцеїв чи гімназій. У вищих навчальних закладах – проректор, що займається господарською частиною (у ВНЗ різні назви цієї посади – з економіки та соціального розвитку, з господарської діяльності тощо).

Усі сховища у ДНЗ, школах та ВНЗ мають бути обладнані обов'язково мінімум одним туалетом, якщо туалет відсутній – сховище вважати непридатним, а заклад освіти у разі неможливості усунути цей недолік протягом місяця підлягає закриттю, тому що на час повітряної тривоги діти та інші учасники навчального процесу не мають права покидати укриття, а ст. 3 Конституції України визнає найвищою цінністю не лише людину, її життя та здоров'я, але й честь та гідність [7].

У ДНЗ, школах та ВНЗ діти повинні брати з собою в укриття в холодну пору року верхній одяг, взуття (незалежно від наявності опалення та температурного режиму укриття), оскільки можлива евакуація.

Також діти у ДНЗ та школах повинні при собі мати бейджики, де чітко вказані прізвище, ім'я, по батькові, клас або група, мобільні телефони батьків та домашня адреса.

У кожної дитини у ДНЗ та школах має бути «тривожний рюкзачок», де є печиво, ліхтарик, вода, а в дітей ДНЗ – дещо з одягу аби перевдягнутись.

У ДНЗ важливою особливістю у воєнний має бути те, що на денний сон вони обов'язково лягають спати одягнені, що під час повітряної тривоги суттєво заощаджує час евакуації і тим самим дозволяє рятувати життя. Діти ясельних та молодших груп продовжують сон в укритті. Також діти усіх груп (молодшої, ясельної, старшої) мають бути забезпечені в укритті відповідним до віку ігровим та дидактичним матеріалом.

Зазначені заходи мають мінімізувати нещасні випадки у закладах освіти України, сприятимуть захисту життя і здоров'я людей.

Висновки.

1. Робочі місця, евакуаційні виходи мають бути організовані з урахуванням ймовірних повітряних атак ворога.

2. У школах з наявністю учнів понад 100 має працювати охоронець за зразком Ізраїлю.

3. У ДНЗ важливою особливістю у воєнний має бути те, що на денний сон вони обов'язково лягають спати одягнені, що під час повітряної тривоги суттєво заощаджує час евакуації і тим самим дозволяє рятувати життя.

4. Усі сховища у ДНЗ, школах та ВНЗ мають бути обладнані обов'язково мінімум одним туалетом, якщо туалет відсутній – сховище вважати непридатним, а заклад освіти у разі неможливості усунути цей недолік протягом місяця підлягає закриттю, тому що на час повітряної тривоги діти та інші учасники навчального процесу не мають права покидати укриття. Норма води має бути 1,5 літра на людину в укритті.

5. Діти у ДНЗ та школах повинні при собі мати: 1) бейджики, де чітко вказані прізвище, ім'я, по батькові, клас або група, мобільні телефони батьків та домашня адреса; 2) «тривожний рюкзачок», де є печиво, ліхтарик, вода, а в дітей ДНЗ – додатково дещо з одягу аби була можливість перевдягнутись.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безпечне освітнє середовище в умовах воєнного стану: на що слід звернути увагу директору школи. URL: https://sqe.gov.ua/bezpechne-osvitnie-seredovishhe-v-umovakh/

2. Порядок реалізації експериментального проекту щодо посилення безпеки освітнього середовища в закладах загальної середньої освіти в умовах правового режиму воєнного стану. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 1 листопада 2024 р. № 1245. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1245-2024-%D0%BF

3. Висвітлення інформації про заклад освіти в умовах воєнного стану. URL: https://eo.gov.ua/vysvitlennia-informatsii-pro-zaklad-osvity-v-umovakh-voiennoho-stanu/2022/09/20/

4. Як заклади освіти можуть стати безпечнішими під час воєнного стану? URL: https://vompkil.od.gov.ua/yak-zaklady-osvity-mozhut-staty-bezpechnishymy-pid-chas-voyennogo-stanu/

5. Роз'яснення щодо роботи закладів освітиу межах правового режиму воєнного стану. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/rozyasnennya-shchodo-roboti-zakladiv-osviti-u-mezhah-pravovogo-rezhimu-voyennogo-stanu

6. Конституція України від 28 червня 1996 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/254k/96-vr

УДК 624.04

ПРО АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ КІЛЬЦЕВИХ ПЛАСТИН НА СТЕПЕНЕВО-ЗМІННІЙ ПРУЖНІЙ ОСНОВІ

Крутій Ю.С., *д.т.н., професор,*
Сур'янінов М.Г., *д.т.н., професор,*
Карнаухова Г.С., *к.т.н., доцент,*
Перпері А.О., *к.т.н., доцент,*
Клименко О.М., *аспірант*
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Аналітичному методу розрахунку на осесиметричний згин кільцевих пластин, що опираються на неоднорідну суцільну пружну основу Вінклера, автори присвятили публікації [1–4]. Дослідження в них ґрунтуються на точному розв'язку диференціального рівняння осесиметричного згину круглих та кільцевих пластин. Такий розв'язок для узагальненого випадку, коли коефіцієнт постелі та розподілене навантаження являють собою будь-які неперервні функції, знайдено в роботі [5]. Проведено розрахунки для бетонних та металевих пластин для змінного коефіцієнту постелі, що характеризує неоднорідність основи, який задавався лінійним [1–3] та параболічним [4] законами.

Дане повідомлення присвячено випадку, коли коефіцієнт постелі задано степеневою функцією

$$k(r) = k(a)\left(\frac{r}{a}\right)^m, \ m \geq 0 \quad , \tag{1}$$

а діюче розподілене навантаження на пластину стале (рис. 1).

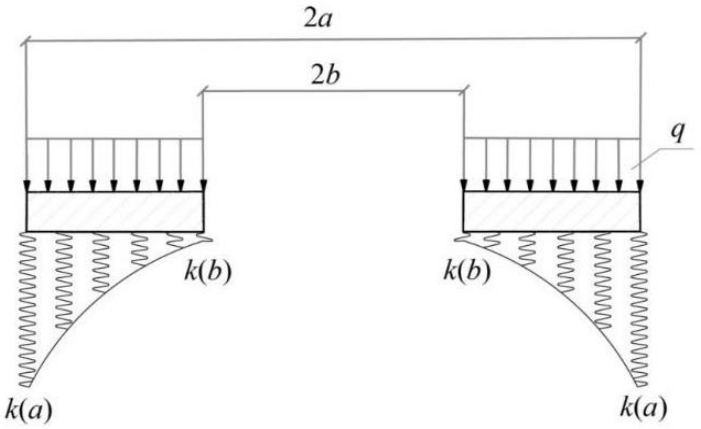


Рис. 1. Кільцева пластина на степенево-змінній пружній основі.

Відповідне диференціальне рівняння пружної поверхні пластини має вигляд

$$D\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left\{r\frac{d}{dr}\left[\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dw}{dr}\right)\right]\right\} + k(a)\left(\frac{r}{a}\right)^m w = q \quad , \tag{2}$$

де $w = w(r)$ – невідома функція прогинів. Спираючись на результати [5], знайдено розв'язок даного рівняння, який визначається формулами:

$$w(r)=\frac{qa^4}{D}W(r);$$
$$W(r)=\lambda_1 X_1(r)+\lambda_2 X_2(r)+\lambda_3 Y_1(r)+\lambda_4 Y_2(r)+X_3(r); \quad (3)$$

$$Y_n(r)=X_n(r)\ln\frac{r}{a}+Z_n(r)\ \ (n=1,2); \quad (4)$$

$$X_n(r)=\alpha_{n,0}(r)-K\alpha_{n,1}(r)+K^2\alpha_{n,2}(r)-K^3\alpha_{n,3}(r)+\ldots\ (n=1,2,3); \quad (5)$$

$$Z_n(r)=\beta_{n,0}(r)-K\beta_{n,1}(r)+K^2\beta_{n,2}(r)-K^3\beta_{n,3}(r)+\ldots\ (n=1,2); \quad (6)$$

$$X_n(r)=\left(\frac{r}{a}\right)^{2n-2}\left[1+\sum_{k=1}^{\infty}\frac{(-K)^k}{p_{n,m,1}^2\,p_{n,m,2}^2\cdots p_{n,m,k}^2}\left(\frac{r}{a}\right)^{k(m+4)}\right]\ (n=1,2); \quad (7)$$

$$X_3(r)=\frac{1}{2^2 4^2}\left(\frac{r}{a}\right)^4\left[1+\sum_{k=1}^{\infty}\frac{(-K)^k}{p_{3,m,1}^2\,p_{3,m,2}^2\cdots p_{3,m,k}^2}\left(\frac{r}{a}\right)^{k(m+4)}\right]; \quad (8)$$

$$Z_n(r)=\left(\frac{r}{a}\right)^{2n-2}\left[1+\sum_{k=1}^{\infty}\frac{(-K)^k}{p_{n,m,1}^2\,p_{n,m,2}^2\cdots p_{n,m,k}^2}\left(1-4\sum_{i=1}^{k}\frac{2n+i(m+4)-3}{p_{n,m,i}}\right)\left(\frac{r}{a}\right)^{k(m+4)}\right]\ (n=1,2), \quad (9)$$

де $K=a^4k(a)/D$, $p_{n,m,k}=(2n+k(m+4)-4)(2n+k(m+4)-2)$, $\lambda_n(n=1,2,3,4)-$ безрозмірні константи інтегрування.

Таким чином, формулами – фактично визначено аналітичний метод розрахунку на осесиметричний згин кільцевих пластин, що опираються на суцільну пружну основу Вінклера зі степеневою неоднорідністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Surianinov, M.H., Krutii, Y.S., Karnaukhova, A.S., Klymenko, O.M. (2022). Analytical method for calculating annular plates on a variable elastic base. Modern Construction and Architecture. 2. 37–43. URL: https://doi.org/10.31650/2786-6696-2022-2-37-43

2. Surianinov, M., Krutii, Y., Kirichenko, D., Klymenko, O. (2022). Calculation of annular plates on an elastic base with a variable bedding factor. Mechanics and Mathematical Methods. 4(2). P. 43–52. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2022-4-2-43-52

3. Surianinov, M., Krutii, Y., Klymenko, O., Vakulenko, V. Rudakov, S. (2023). Axisymmetric bending of circular plates on a variable elastic base. Construction Technologies and Architecture. 9. 3–10. URL: https://doi.org/10.4028/p-L9yr2n

4. Krutii, Y., Surianinov, M., Klymenko, O., Karnaukhova, H., Perperi, A. (2024). Analytical method for calculating ring plates on an elastic foundation with an arbitrary continuously variable bedding factor. Key Engineering Materials. 1005. P 121–132. URL: https://doi.org/10.4028/p-gp8pyq

5. Krutii, Y.S., Surianinov, M.G., Karnaukhova, G.S. (2021). Calculation Method for Axisymmetric Bending of Circular and Annular Plates on a Changeable Elastic Bed. Part 1. Analytical Relations. Strength of Materials. 53(2). 247–257. URL: https://doi.org/10.1007/s11223-021-00282-2

УДК 624.04

ПРО АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ БАЛОК НА ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНО-ЗМІННІЙ ПРУЖНІЙ ОСНОВІ

Крутій Ю.С., *д.т.н., професор,*
Сур'янінов М.Г., *д.т.н., професор,*
Перпері А.О., *к.т.н., доцент*
Вакуленко В.В., *аспірант*
Теорло Н.А., *аспірантка*
Одеська державна академія будівництва та архітектури

В роботі [1] розроблено аналітичний метод розрахунку балок, що опираються на неоднорідну пружну основу Вінклера, коли коефіцієнт постелі $k(x)$ та навантаження $q(x)$ задаються будь-якими неперервними функціями. Метод ґрунтується на точному розв'язку відповідного диференціального рівняння

$$EI\, y''''(x) + k(x) y(x) = q(x). \tag{1}$$

Спираючись на результати [1], в роботах [2, 3] розглянуто два випадки для змінного коефіцієнту постелі, а саме, коли неоднорідність пружної основи задається степеневим та параболічним законами. Дане повідомлення присвячено випадку, коли коефіцієнт постелі задано експоненціальною функцією

$$k(x) = k(0)\exp\left(\delta\frac{x}{l}\right),\ \ \delta = \ln\frac{k(l)}{k(0)}, \tag{2}$$

а діюче на балку навантаження вважається параболічно-змінним

$$q(x) = 4q(l/2)\frac{x}{l}\left(1-\frac{x}{l}\right),\ \ q(l/2)\neq 0. \tag{3}$$

Відповідну розрахункову схему представлено на рис. 1.

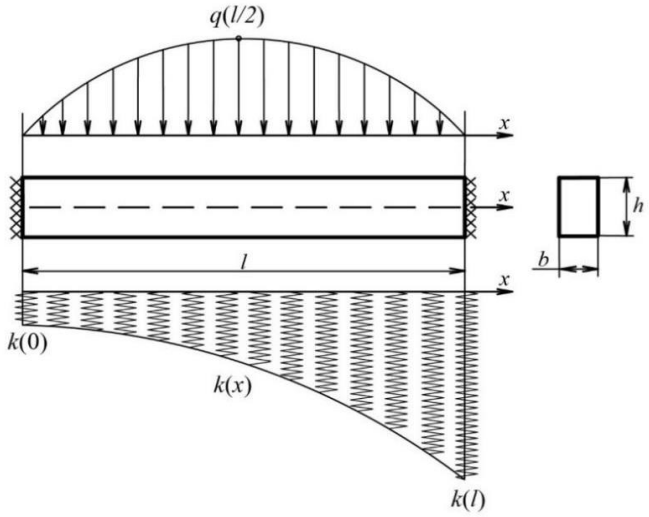


Рис. 1. Балка на змінній пружній основі.

Проведено розрахунок призматичної бетонної балки з обома закріпленими кінцями при наступних вихідних даних: довжина балки $l = 5\,м$; ширина підошви балки $b = 0,25\,м$; висота балки $h = 0,6\,м$; $E = 1,5 \cdot 10^7\,кПа$; $k(0) = 1,5 \cdot 10^3\,кН/м^2$; $k(l) = 4 \cdot 10^3\,кН/м^2$; $q(l/2) = 120\,кН/м$.

Результати розрахунків представлено в графічному форматі на рис. 2.

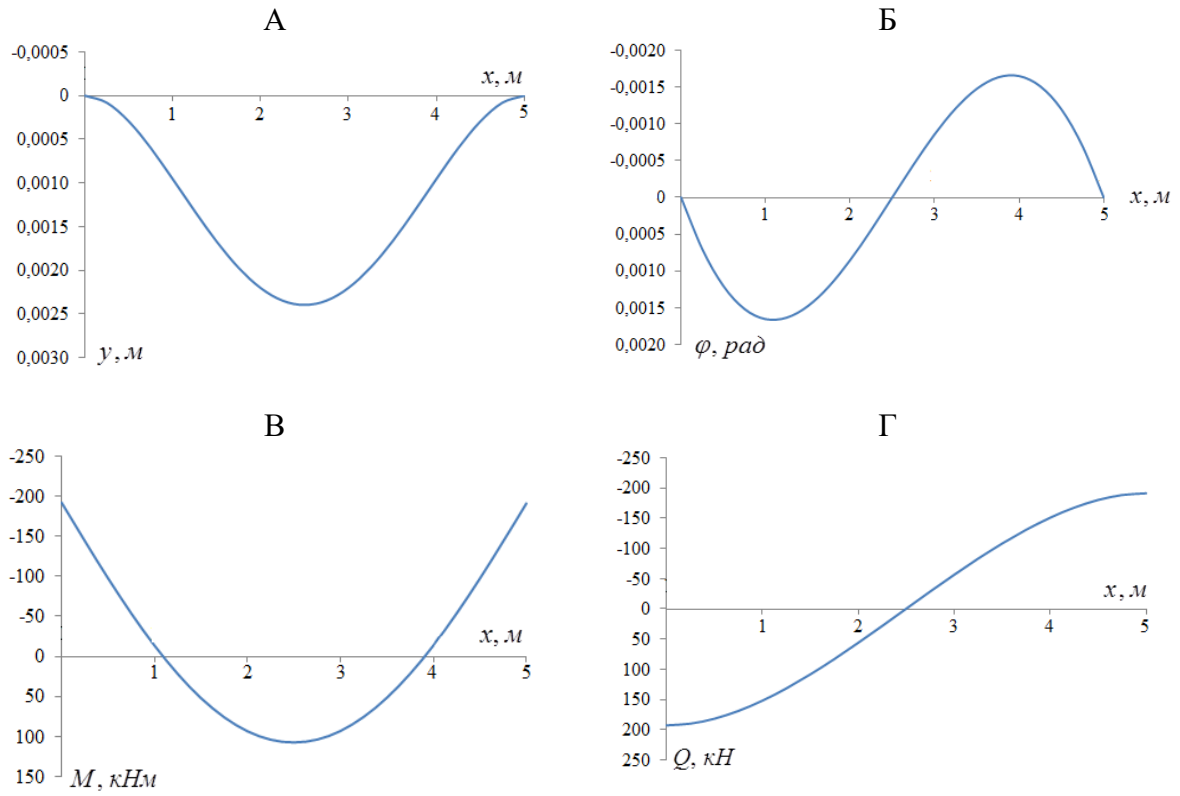


Рис. 2. Графіки параметрів стану балки.

А – Прогин; Б – Кут повороту; В – Згинальний момент; Г – Поперечна сила

Окрім авторського методу, також були виконані відповідні розрахунки методом скінченних елементів у програмному комплексі ЛІРА. Порівняння отриманих результатів підтверджує валідність авторського методу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Krutii, Y., Surianinov, M., Petrash, S., & Yezhov, M. (2021). Development of an analytical method for calculating beamsona variable elastic Winkler foundation. IOP Conference Series: Materials Scienceand Engineering. 1162(1). 012009. URL: https://doi.org/10.1088/1757-899X/1162/1/012009

2. Krutii, Y., Surianinov, M., Perperi, A., Vakulenko, V., & Teorlo, N. (2024). Analytical calculation of a beam based on an elastic Winkler foundation with range inhomogenity. Mechanics and Mathematical Methods. 6(2). 47–57. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-2-47-57

3. Krutii, Y., Surianinov, M., Vakulenko, V., Soroka, M., & Vasilieva, N. (2024). Analytical calculation of beams on Winkler's variable elastic foundation. Advances in Science and Technology. 156. 75–80. URL: https://doi.org/10.4028/p-PD9h3g

УДК 547.548

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КЕРАТИНОВМІСНИХ БІОЛОГІЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Куленко О.А.,
Стрижак С.В., *к.пед.н, доцент*
Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Промислова діяльність людини становить серйозну загрозу для навколишнього середовища. Вона призводить до деградації земель, забруднення повітря, води, кліматичних змін, зменшення біорізноманіття та погіршення якості життя населення в цілому. Останніми роками проблема переробки та раціонального використання відходів шкіряного та хутряного виробництва набуває особливої актуальності [1, 5]. Об'єктами нашого дослідження були кератиновмісні біологічні відходи (шерсть кролика та великої рогатої худоби) та розчин кератину, отриманий з біологічних відходів тваринного походження, що містить кератин.

Визначення вмісту вологи у кератиновмісних біологічних відходах тваринного походження. Визначення вологості проводилося шляхом висушування зразка кератину в сушильній шафі при температурі 100–105 °С до досягнення постійної маси. Для цього використовувалися попередньо зважені бюкси з кришками. Наважка кератину становила 1–1,5 мг. Процедура висушування включала кілька етапів. Перше сушіння протягом 4 годин з відкритою кришкою бюкса. Охолодження бюкса в ексикаторі до кімнатної температури та зважування. Повторне сушіння протягом 2 годин, охолодження та зважування. Повторення циклів сушіння-охолодження-зважування до досягнення постійної маси (різниця між двома послідовними зважуваннями не більше 0,001 мг). За остаточний результат приймалася мінімальна маса бюкса з наважкою. Вміст вологи обчислювали у відсотках за формулою:

$$W=H–H_1 / H\cdot100\ (\%), \qquad (1)$$

де W – вміст вологи; H – наважка до сушіння; H_1 – висушена наважка.

Визначення вмісту жирових речовин у розчинах кератину. Наважку 2 г дисперсії кератину розтирали в ступці з 4 г безводного сульфату натрію. Отриману суміш кількісно переносили в колбу та додавали 15 мл тетрахлорметану. Екстракцію проводили протягом години, після чого вміст колби фільтрували. Близько 5 мл фільтрату відбирали для подальшого висушування. Цей об'єм кількісно переносили в попередньо зважений бюкс. Бюкс з фільтратом поміщали в сушильну шафу та висушували при температурі 105 °С до досягнення постійної маси. Після цього бюкс охолоджували і зважували [2, 3, 4]. Кількість жиру (X) визначається за такою формулою:

$$X=(m_1–m)\cdot V_1\cdot100\ (m_0\cdot V), \qquad (2)$$

де m_1 – маса з жиром; m – маса бюкса; V_1 – об'єм тетрахлорметану; V – об'єм фільтрату.

Визначення вмісту мінеральних речовин (золи). Вміст золи визначали шляхом спалювання наважки кератину в муфельній печі при температурі до 600 °С. Попередньо подрібнений кератин (2,0–3,0 г) поміщали в тигель, доведений до постійної маси, та спалювали у дві стадії. Перша стадія – обвуглювання – відбувалася при температурі, що не викликає почервоніння дослідного матеріалу в печі. Після припинення виділення газоподібних продуктів температуру підвищували до слабо-червоного розжарювання (але не вище 600 °С) та продовжували спалювання до повного зникнення чорного нальоту на стінках тигля (друга стадія). Кінець прожарювання (спалювання) визначали за відсутністю

в тиглі слідів продуктів, що не згоріли. Після закінчення прожарювання колір золи був світло-сірим. Кінець спалювання встановлювали шляхом зважування тигля на аналітичних терезах з попереднім охолодженням в ексикаторі. Після того, як зникли чорні крупинки, зважували тигель і потім ставили на півгодини для повторного прожарювання. Після півгодинного прожарювання тигель із золою охолоджували в ексикаторі, зважували знову і так до отримання постійної ваги. Вміст золи обчислювали за формулою у відсотках:

$$З=А/Н\cdot 100\ (\%), \qquad (3)$$

де З – відсоток золи; А – маса золи; Н – маса навішування речовини.

Визначення pH розчину кератину потенціометричним методом. При потенціометричному визначенні pH вимірювали електрорушійну силу, що виникає на елетородах при зануренні в досліджуваний розчин та залежить від концентрації в ньому йонів водню. У дослідженні використовували pH-метр фірми «Piccolo» зі скляним електродом. Він забезпечує швидкий вимір з точністю, що відповідає 0,01–0,03 одиниці pH. Область оптимального використання pH-метра у межах pH від 1 до 9. У спиртових розчинах із вмістом 50–70 % спирту в інтервалі pH 4–8 точність вимірювань така сама, як і у водних розчинах, але при інших значеннях pH та більш високих концентраціях спирту скляний електрод не застосовують [3]. Аналіз проводили у трьох паралельних пробах. Перед початком роботи на pH-метрі проводили коригування показань приладу буферних розчинів з відомою величиною pH. Буферні розчини готували зі спеціальних стандарт-титрів, для отримання яких використовують реактиви, що мають кваліфікацію для pH-метрії. Температуру піддослідного розчину встановлювали за допомогою автоматичного термокомпенсатора. Промитий дистильованою водою електрод сушили фільтрувальним папером, а потім поміщали в посудину з випробуваним розчином та вимірювали pH. Після закінчення роботи електроди ретельно промили і залишили до подальшого використання в дистильованій воді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Біньковська Г.В. Відходи тваринництва та птахівництва як перспективне джерело альтернативної енергії в Одеській області. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2013. № 1. С. 166–170.

2. Зінчук В.К. Фізико-хімічні методи аналізу. Львів : ЛНУ, 2008. 362 с.

3. Інструментальні методи хімічного аналізу : навч. посіб. для студ. / уклад. Л.М. Спасьонова, В.Ю. Тобілко, І.В. Пилипенко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 69 с.

4. Переробка біомаси: лабораторний практикум : навч. посіб. / уклад.: Н.Б. Голуб, К.О. Щурська, Є.В. Кузьмінський. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2021. 76 с.

5. Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною : Закон України від 07.04.2015 р. № 287-VIII. Офіційний вісник України. 2015. № 37. С. 1109.

УДК 699.85

ОСОБЛИВОСТІ ФІБРОБЕТОНУ, ЯК МАТЕРІАЛУ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Кучеренко В.Г.,
Рудешко І.В.
Національний університет цивільного захисту України

Сьогодні, в умовах збільшення потужності засобів озброєння, дуже актуальним стає підвищення захисної здатності оборонних і у т. ч. фортифікаційних споруд, основними матеріалами для яких є бетон і залізобетон [1, 2].

Розрахунок конструкцій фортифікаційних споруд ґрунтується на залежності їх стійкості від динамічної енергії при дії вибухових засобів та від захисної здатності матеріалу, яка для бетонних і залізобетонних конструкцій залежить від показників міцності.

Але, з підвищенням міцності бетону росте і його крихкість, знижуються пластично-деформаційні властивості за умов дії короткочасного і тривалого навантаження. А це, у свою чергу, сприяє практично миттєвому руйнуванню бетону. Варіантом вирішення цієї задачі можна вважати дисперсне армування бетону фіброю, що дозволяє істотно підвищити його питому міцність на розтяг і згин, тріщиностійкість, стійкість до ударних і вібраційних впливів, опір стиранню тощо [1, 5].

Узагальнений досвід застосування сталефібробетону показав, що найефективнішим є використання цього матеріалу у залізобетонних конструкціях для підвищення їх тріщиностійкості, у тонкостінних конструкціях, спорудах, що працюють на ударні навантаження (хвильорізах, покриттях аеродромів, особливо для надважких вантажних літаків, автомобільних доріг, фортифікаційних спорудах, у сейсмостійких конструкціях, палях, трубах, резервуарах, які піддаються впливу агресивного середовища).

Крім того, в останні роки все частіше спостерігаються природні катаклізми, до них додаються техногенні катастрофи та терористичні акти, воєнні дії, які супроводжуються, як правило, неконтрольованим зростанням навантажень та впливів на елементи конструкцій будівель та споруд.

Такий стан речей вимагає створення більш досконалих елементів конструкцій, які, маючи комплекс заданих експлуатаційних характеристик і технологічність, характеризувалися би мінімальними матеріальними і трудовими витратами, необхідною надійністю і довговічністю. Пошук шляхів забезпечення експлуатаційної надійності та економічної ефективності будівництва спричинив створення нового покоління будівельних конструкцій.

Однією із сучасних тенденцій розвитку будівництва є використання фібробетонів, у тому числі високоміцних. Різноманіття галузей застосування виробів та конструкцій, що виготовляються із фібробетону, зумовлено тим, що порівняно із звичайним бетоном він характеризується у декілько разів більшою міцністю на осьовий розтяг та розтяг при згині, високою тріщиностійкістю, стійкістю до ударних і вібраційних впливів [5, 6].

Нові конструкції розробляються на основі бетонних матеріалів. Серед них особливе місце займають сталефібробетонні (СФБК) та сталефіброзалізобетонні (СФЗБК) (комбіновані) елементи конструкцій, які виготовляються на основі будівельного композиційного матеріалу – сталефібробетону (СФБ). Будівельний композит – сталефібробетон, визнаний у всьому світі конструкційний матеріал, що дозволяє ефективно реалізовувати всі напрямки удосконалення будівельних конструкцій. До того ж, його застосування відкриває можливість створювати конструкції із заздалегідь заданими властивостями. На сьогоднішній день вітчизняними та зарубіжними фахівцями розроблено чимало елементів конструкцій із застосуванням СФБ, які мають порівняно з традиційними аналогами підвищені техніко-економічні показники [1].

Але, доводиться констатувати, що в сучасній вітчизняній практиці будівництва елементи конструкцій на основі СФБ ще не знайшли свого належного місця.

Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури та значний обсяг експериментально-теоретичних досліджень показав, що у армуванні сталевими фібрами бетонних матеріалів закладено значні резерви регулювання властивостей, створення нових будівельних елементів та технологій, які успішно можуть конкурувати з існуючими конструктивними та технологічними рішеннями. Очевидна потреба у розробці наукових та практичних основ створення високоефективних конструкцій із СФБ, або з його застосуванням із заданими властивостями. У нашій країні, за наявності значного обсягу результатів експериментально-теоретичних досліджень та практичного застосування СФБК (СФЗБК), необхідної наукової та практичної бази, орієнтованої на виробництво, яка могла б забезпечити їх доцільне використання у будівництві, немає. СФБК і СФЗБК, які володіють необхідними експлуатаційними властивостями, порівняно з традиційними залізобетонними конструкціями (ЗБК), характеризуються зниженням маси, трудовитрат, термінів будівництва, собівартості, скороченням арматурних робіт, підвищенням надійності та довговічності, вибухостійкості а також термінів експлуатації [1, 3–5].

СФБ можна використовувати для конструкцій покриття і перекриття, дорожнього покриття, мостових настилів, вогнетривких матеріалів, бетонних труб, злітно-посадочних смуг аеродромів, ємностей високого тиску, вибухостійких споруд, основ верстатів, портових споруд, облицювання тунелів, конструкцій корабельних корпусів.

Залежно від типу фібри, дисперсності армування, ступеня дисперсності, можна отримати підвищення тих чи інших показників міцності фібробетону.

Відмінною рисою фібробетонів є підвищена структурна в’язкість, завдяки якій вони набувають значної стійкості при динамічних навантаженнях, у тому числі ударних і вибухових [3].

Висока ударна міцність – одна із найбільш важливих властивостей фібробетонів, що обумовило їх застосування у важких експлуатаційних умовах і для конструкцій захисних споруд.

Численні дослідження, а також дані натурних випробувань конструкцій, переконливо доводять, що динамічна стійкість фібробетону в результаті дисперсного армування зростає у декілька разів.

Таким чином, вирішення проблеми створення СФБК і СФЗБК із заданими властивостями слід розглядати як важливий науковий напрямок у розвитку теорії та практики будівельних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Турба Ю. В. Тріщиностійкість дисперсно-армованого бетону: дис. канд. техн. наук. Львів, 2021. 143 с.

2. Ільченко М., Гвоздь В., Рудешко І. Особливості конструктивних рішень захисних споруд цивільного захисту. Черкаси, НУЦЗУ ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля, 2022. 130 с.

3. Талантова К.В. Будівельні конструкції із заданими властивостями на основі сталефібробетону: автореф. дис. докт. техн. наук. Барнаул, 2010. 35 с.

4. ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016. Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 109 с.

5. Ковальчук Т.В. Високоміцний фібробетон із композиційним дисперсним армуванням: дис. канд. техн. наук. Рівне, 2019. 211 с.

6. Тищенко О.М., Поздєєв С.В., Березовський А.І., Рудешко І.В., Сідней С.О. Стійкість будівель і споруд при пожежі. Черкаси, ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2019. 330 с.

УДК 614.841

МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Лаврик Р.С.*[1]*,
Тригуб В.В.*[1]*, *к.т.н., доцент,*
***Грушовінчук О.В.*[2]**
[1]*Державний центр сертифікації ДСНС України,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України*

Задача забезпечення безпечної та своєчасної евакуації людей під час пожеж, надзвичайних ситуацій (НС), а також при сигналах «Повітряна тривога» в умовах воєнного стану, було і залишається найважливішою проблемою як на етапах проєктування, так і на етапах експлуатації будівель з масовим перебуванням людей, таких як торгівельно-розважальні центри (ТРЦ). Грамотне ситуативне управління евакуаційними потоками, своєчасне інформування та інструктування потенційно може знизити кількість загиблих і постраждалих в ТРЦ у разі виникнення вищезгаданих подій.

Сучасний ТРЦ – це значно більше, ніж просто місце покупок. Навіть у будні ТРЦ приймають відвідувачів у ігрових зонах, кінозалах, а також інших точках розваги та дозвілля. У вихідні та святкові дні ТРЦ взагалі може стати місцем перебування величезної кількості людей з ранку до самого вечора. Безсумнівно, такі об’єкти, що займають не малу площу, залучають велику кількість людей, при цьому включають велику кількість горючих речовин і матеріалів, що використовуються в обробці, обладнанні та виробництві товарів, які продаються. ТРЦ є місцем великого скупчення людей, а тому несуть у собі чималу пожежну небезпеку, помножену на великі будівельні об’єми та інтеграцію в одному будинку кількох приміщень різного призначення.

При обґрунтуванні запланованих рішень у складних системах використовують методи моделювання, які набули широкого застосування також і при плануванні шляхів евакуації на етапі проєктування будівель. Наразі накопичено досить великий клас реалізованих моделей та спеціальних програмних засобів, які дозволяють проводити аналіз процесу евакуації людей під час пожеж, оцінювати час евакуації та пожежні ризики. Дослідження даних моделей з використанням програмних засобів дають змогу проводити оцінку ефективності можливих альтернативних рішень, а також обґрунтовувати рекомендації щодо управління в умовах існуючих ризиків [1–4].

Головним недоліком використання традиційних методів моделювання є те, що вони працюють на етапі планування, при моделюванні вдається розглянути дуже обмежену кількість сценаріїв з жорсткими вимогами до вхідних параметрів моделей. Проте в реальності розвиток ситуації може йти зовсім не за розглянутими наперед сценаріями, які вимагатимуть прийняття ситуативних рішень у режимі реального часу [5].

При цьому процес моделювання евакуації ускладнюється ще й багатьма факторами, які значно впливають на адекватність моделей, і неврахування яких може призводити до помилок у результатах розрахунків. Результати моделювання значною мірою ґрунтуються на вхідних параметрах у моделях евакуації, роблячи ці результати чутливими до незначних змін значень вхідних параметрів. Це означає, що оперативна та достовірна інформація про стан аварійних виходів, координати аварійної зони або осередка пожежі, кількість людей у кожному секторі будівлі повинні бути точно подані на вхід моделі, щоб точно провести розрахунок необхідного часу евакуації та рівня ризику та прийняти адекватні рішення щодо організації евакуації людей.

Таким чином традиційні моделі не можуть повною мірою вирішувати задачу управління евакуацією в реальному часі в умовах ситуації, яка динамічно змінюється. Розв’язання задачі визначення оптимального евакуаційного шляху ґрунтується на побудові графів повних планів евакуації та алгоритмах роботи з ними, що потребує деякого

часу, який вимірюється у хвилинах або навіть годинах. Як показують дослідження, затримка на 1 хв у наданні рішення може призвести до додаткових 5–10 хв на евакуацію, оскільки навколишнє середовище у будівлі швидко змінюється в аварійній ситуації [6].

Ще одним суттєвим обмеженням застосування традиційних підходів, що реалізують аналітичне та імітаційне моделювання, є складність імітування людської поведінки, яка характеризується високим ступенем невизначеності при прийнятті рішень людьми в умовах стресової ситуації та паніки. І для підвищення адекватності моделювання евакуації моделі та програмні засоби повинні враховувати фактори ступеня небезпеки пожежі та стан людей. Проте рекомендовані до застосування моделі евакуації та програмні засоби, які використовуються в практиці в даний час дані фактори не враховують, що також значно знижує їх практичну значущість для управління евакуацією в режимі реального часу.

В даних умовах існуючі стандартні моделі масової евакуації можуть давати неадекватні результати. Необхідно констатувати, що в даний час існує досить мало досліджень, які порушують питання поширення паніки при моделюванні евакуації. Час евакуації людей при пожежах (НС, при сигналах «Повітряна тривога») із ТРЦ та розмір можливої шкоди безпосередньо залежить від поведінкової реакції людей у процесі евакуації.

Система масової евакуації належить до категорії складних систем, де існує безліч елементів, які мають нелінійні взаємодії друг з одним. У процесі евакуації є люди, які перебувають у нормальному емоційному стані та які приймають адекватні рішення за умов небезпеки. Однак можуть бути люди, які впадають у панічний стан і поведінка яких в умовах стресу може суттєво відрізнятися, а це призводить до зниження ефективності евакуації.

Таким чином, пропонується розробити метод оцінки ефективності організації евакуації людей із ТРЦ на основі імітаційної моделі евакуації та агентно-орієнтованої моделі евакуації при врахуванні фактору паніки. Пропонований метод дозволить при застосуванні психоемоційної поведінки кожного агента окремо в процесі евакуації оцінювати ефективність організації евакуації натовпу загалом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Şahin, C. Rokne, J., Alhajj, R. (2019). Human behavior modeling for simulating evacuation of buildings during emergencies. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 528. 121432. DOI: https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121432

2. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Тригуб В.В. Евакуація при пожежі з дитячих ігрових майданчиків з повністю закритим устаткованням The 12th International scientific and practical conference “Innovative development of science, technology and education” (August 29-31, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. С. 117–122.

3. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Удосконалення системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Комунальне господарство міст, 2025. Том 1, вип. 189. С. 368–376. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-368-376

4. Щолоков Е.Е., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Балдук П.Г. Дослідження ефективності системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Механіка та математичні методи, 2025. Т. 7. № 1. С. 26–47. https://doi.org/10.31650/2618-0650-2025-7-1-26-47

5. Zia, K., Ferscha, A. (2020). An agent-based model of crowd evacuation: combining individual, social and technological aspects. Proceedings of the 2020 ACM SIGSIM conference on principles of advanced discrete simulation. 129–140.

6. Li, N. et al. (2014). A BIM centered indoor localization algorithm to support building fire emergency response operations. Automation in Construction. 42. 78–89.

УДК 614.8

АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ У ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ

Лєвченко Д.Є.,
Афанасенко К.А., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Згідно зі статистичними даними, в Україні частка пожеж від теплового прояву електричної енергії щорічно становить 20–28 %. Близько 27 % від кількості пожеж з електротехнічних причин становлять пожежі, які виникли від замикань у повітряних електричних мережах.

У загальній протяжності електричних мереж різних класів напруг повітряні лінії електропередачі (ПЛ) напругою до 1000 В складають більше 30 %. Основна частка ПЛ до 1000 В посідає забезпечення електрифікації сільської місцевості, невеликих міст, селищ.

Експлуатація ПЛ здійснюється у достатньо широкому діапазоні регіональних кліматичних факторів та супроводжується різними аварійними режимами, частина з яких пов’язана з впливом значних вітрових навантажень та утворення крижаного покриву взимку. Найчастішими аварійними режимами в зазначених мережах є короткі замикання (більше 60 %), що виникають, в основному, при схлестуванні проводів. При цьому можливе загоряння горючих речовин та матеріалів, що знаходяться у зоні розльоту частинок.

У лініях для захисту від коротких замикань найбільш широко використовують автоматичні вимикачі і плавкі запобіжники, що не гарантують недопущення утворення джерел запалювння по всій протяжності ПЛ.

Також, відповідно до вимог Правил влаштування електроустановок, при будівництві нових ПЛ, при реконструкції ПЛ даного класу напруги повинні виконуватися з використанням самонесучих ізольованих проводів (СІП), що, по суті, може бути вирішенням проблеми утворення джерел запалювання при схльостуванні.

Інші способи виключення утворення джерел запалювання зводяться до запобігання схлестувань проводів шляхом просторового рознесення проводів у заданих межах (дистанційні розпірки різних типів), або гасіння можливих коливань проводів (гасники). Перераховані способи не знайшли широкого застосування через різні недоліки, серед яких можна виділити додаткові динамічні навантаження на проводи, низьку електричну і механічну міцність, схильність до гниття, можливе порушення ізоляції, конструктивну складність і високу вартість виготовлення.

Крім того, слід зазначити, що жодне з вищеперерахованих технічних рішень не враховує впливу параметрів короткого замикання на утворення джерел запалювання. У той самий час, пожежна небезпека короткого замикання (зокрема, при схльостуванні) залежить від низки чинників, наприклад, від величин струму і тривалості короткого замикання, площі поперечного перерізу проводів, сукупний вплив яких досі не описано і визначено математичними виразами. Встановлення цих залежностей необхідне для розуміння того, які ділянки мережі незахищені від утворення джерел запалювання при короткому замиканні, і, у разі потреби, вжиття відповідних заходів підвищення пожежної безпеки.

Таким чином, відсутність методики оцінки пожежної небезпеки коротких замикань у ПЛ до 1000 В, а також виявлені недоліки існуючого захисту ПЛ обумовлює актуальність досліджень.

В роботі розглянута методика оцінки пожежної небезпеки короткого замикання ПЛ напругою до 1000 В, основу якої складають алгоритм і критерії визначення рівня

пожежної небезпеки, а також мінімальні поверхні, що дозволяють здійснювати оцінку ймовірності виникнення джерел запалювання при короткому замиканні проводів.

Визначивши можливі значення струмів короткого замикання на різних ділянках ПЛ, і навіть враховуючи ефективність спрацьовування апаратів захисту на цих ділянках, можливе прогнозування можливості виникнення джерел запалювання.

Рівень пожежної небезпеки ПЛ напругою до 1000 В виражається у одиницях ймовірності виникнення джерела запалювання на і-й ділянці мережі при тому чи іншому поєднанні величин струму та тривалості короткого замикання і характеризується як: низький – при ймовірності до 0,1; середній – від 0,1 до 0,5; високий – 0,5 та більше. Вважаючи, що лінія має проводи одного й того ж перерізу по всій її протяжності, необхідно встановити очікувані значення величин струму та тривалості короткого замикання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Meng, Q.S. Analysis of Copper Wires Short Circuited Melted Mark. AMM 2014;511–512:94–8. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.511-512.94

2. Sun, C., et al. (2014). Identification of Electrical Fire Melted Marks of Copper Wires by Electron Backscattered Diffraction (EBSD). Applied Mechanics and Materials. 513–517. Trans Tech Publications, Ltd. 281–285. Crossref. DOI:10.4028/www.scientific.net/amm.513-517.281

УДК 622.691;004.8

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЦТВА У ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Маляров М.В., *к.т.н., доцент,*
Парамонова К.О.
Національний університет цивільного захисту України

Сучасне виробництво у вибухонебезпечних середовищах вимагає високого рівня безпеки для запобігання аваріям і мінімізації ризиків для персоналу та обладнання, що може бути досягнуто зниженням впливу людини на технологічні процеси, особливо у вибухонебезпечних середовищах. Штучний інтелект (ШІ) є одним із ключових технологічних рішень, що дозволяє суттєво підвищити рівень безпеки завдяки аналізу даних, прогнозуванню ризиків і автоматизації процесів контролю.

Наприклад, одним із важливих аспектів безпечної експлуатації обладнання є обслуговування та ремонт резервуарів і технологічних установок [1–3]. Персонал, який займається обслуговуванням, повинен бути належним чином підготовлений, оскільки випари залишків речовин можуть створювати вибухонебезпечні середовища. З метою підвищення рівня безпеки можна використовувати інтелектуальні датчики, що інтегровані з системами ШІ для автоматичного моніторингу параметрів середовища.

Кабельна інфраструктура у вибухонебезпечних середовищах також зазнає негативного впливу агресивних речовин, таких як нафта та її пари [4], а також активні речовини, які призводять до старіння і зношування ізоляції та втрачання її властивостей. Це, у свою чергу, може спричинити виникнення аварійних ситуацій. Тут може стати в пригоді машинне навчання, що здатне прогнозувати відмови обладнання на основі аналізу історичних даних та виявлення аномалій у роботі системи, що можуть свідчити про потенційну небезпеку.

У таких умовах важко здійснювати постійний контроль безпеки лише за допомогою людини, тому необхідний комплексний підхід із застосуванням багатофункціонального обладнання, систем дистанційного моніторингу та впровадження автономних роботів на основі штучного інтелекту для виконання контрольних перевірок у важкодоступних або небезпечних зонах.

Ще одним із критичних факторів ризику є вологість, яка може впливати на працездатність електричних систем та пристроїв. Використання сучасних технологій дозволяє мінімізувати цей ризик та забезпечити безпечний рівень експлуатації обладнання навіть у вибухопожежонебезпечних середовищах. Комплексний контроль, моніторинг стану систем та впровадження машинного навчання та комп’ютерного зору – це ключові напрямки підвищення безпеки виробництва, що включають в себе застосування спеціальних матеріалів із підвищеною вологостійкістю, використання герметичних корпусів для обладнання та регулярні перевірки на герметичність електричних з’єднань.

Застосування сучасних вибухозахищених матеріалів для електричних кабелів та корпусів обладнання є принципово важливим для довготривалої та безпечної експлуатації у важких умовах. Наприклад, спеціальні полімерні покриття та негорючі ізоляційні матеріали можуть значно зменшити ризик загоряння та забезпечити додатковий захист від механічних пошкоджень. Крім того, впровадження систем автоматизованого контролю температури кабельної проводки дозволяє виявляти перегрів у реальному часі та запобігати виникненню аварій.

Доповненням до цих заходів є впровадження бездротових сенсорних мереж, які здатні працювати у складних промислових умовах. Вони дозволяють передавати дані про стан обладнання та параметри середовища без необхідності використання традиційних кабельних з’єднань, що значно знижує ризики, пов’язані зі зношуванням проводки.

Інтеграція таких систем у загальну структуру промислової автоматизації сприяє підвищенню ефективності виробництва та рівня безпеки.

Крім того, суттєвими у забезпеченні безпеки можуть виступати технології обробки великих даних (Big Data), які базуються на використанні штучного інтелекту. Наприклад, прогнозні моделі, засновані на аналізі історичних даних, можуть оцінювати ймовірність виходу з ладу обладнання та рекомендувати профілактичні заходи. Це дозволяє мінімізувати позапланові зупинки виробництва та забезпечити безперервність технологічного процесу.

Інтеграція систем штучного інтелекту з інтернетом речей, що дозволяє отримувати актуальні дані з різних сенсорів та пристроїв, розташованих у вибухонебезпечних зонах. Це дає змогу у реальному часі відслідковувати потенційно небезпечні зміни в умовах експлуатації, таких як температура, тиск чи вологість, що можуть свідчити про ризики аварій. За допомогою алгоритмів глибинного навчання можна виявляти аномалії та передбачати можливі проблеми до того, як вони стануть критичними, тим самим скорочуючи час на реагування та підвищуючи ефективність оперативного управління.

Хоча використання ШІ пропонує значні переваги, існують і певні недоліки. Наприклад, інтеграція численних інтелектуальних датчиків та мереж вимагає забезпечення кібербезпеки цих систем та їх захист від можливих кіберзагроз. Використання криптографії, багатофакторної автентифікації та інших методів захисту даних є постійною складовою для уникнення несанкціонованого доступу та маніпуляцій з інформацією, що може призвести до аварій чи порушення роботи технологічних процесів.

Таким чином, впровадження комплексних автоматизованих систем моніторингу, застосування вибухозахищених матеріалів, використання бездротових сенсорних мереж, інтелектуальних датчиків та алгоритмів машинного навчання та комп’ютерного зору є пріоритетними заходами для підвищення рівня безпеки у вибухонебезпечних середовищах.

Розвиток та впровадження цих технологій сприяє не тільки підвищенню рівня безпеки, але й оптимізації ресурсів, зниженню витрат та покращенню ефективності виробничих процесів у довгостроковій перспективі.

ЛІТЕРАТУРА

1. НПАОП 0.00-5.12-01 Інструкція з організації безпечного ведення вогневих робіт на вибухопожежонебезпечних та вибухонебезпечних об’єктах.

2. Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. НАКАЗ 26.09.2018 № 491.

3. Роянов О.М., Парамонова К.О. Вплив вологості повітря на вибухопожежонебезпеку приміщень з легкозаймистими рідинами. Innovative approaches to solving scientific problems. Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan. May 16–19, 2023. С. 462–464.

4. Катунін А.М., Парамонова К.О. Аналіз моделей прогнозування термінів експлуатації ізоляції кабельних виробів. Матеріали міжнародної НПК молодих учених НУЦЗУ, 2023. С. 83.

УДК 544.723

ПРИНЦИП СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ЗНИЖЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ТЕРМІЧНІЙ ПЕРЕРОБЦІ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ

***Марков Д.А.*[1],**
***Васильєв О.Б.*[2],** *к.т.н., доцент,*
***Рашкевич Н.В.*[3],** *Ph.D*
[1]*ГУ ДСНС України у Донецькій області,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України,*
[3]*Дарницьке РУ ГУ ДСНС України у м. Києві*

Полімерні відходи становлять значну частку у структурі побутового та промислового сміття. Їх термічна переробка дозволяє зменшити обсяги накопичення відходів, мінімізувати забруднення навколишнього середовища та отримати вторинну сировину чи енергію. Водночас такі процеси пов'язані з високою пожежною небезпекою через горючість полімерів [1–3]. Умови воєнного стану значно посилюють ці ризики через руйнування інфраструктури, що призводить до накопичення великої кількості сміття, зокрема полімерів, обмежені ресурси для забезпечення пожежної безпеки, а також підвищений ризик аварій через пошкодження обладнання чи неналежне зберігання відходів[4, 5].

Термічна переробка є одним із найефективніших методів утилізації таких відходів, оскільки вона дозволяє зменшити обсяги сміття та отримати вторинну сировину або енергію. Однак цей процес супроводжується підвищеними ризиками пожеж і вибухів, що може призводити до значних економічних збитків, шкоди для життя людей і навколишнього середовища [6].

Системний підхід до зниження пожежної небезпеки дає змогу врахувати всі аспекти термічної переробки полімерів: від властивостей матеріалів і технологічних особливостей до заходів безпеки.

Принцип системного підходу базується на:

1. Цілісності системи.

Всі елементи системи повинні функціонувати узгоджено, забезпечуючи високий рівень безпеки. Це включає інтеграцію обладнання, автоматизованих систем контролю, персоналу, технологічних процесів та організаційних заходів. Кожен компонент повинен працювати безперервно, підтримуючи загальну функціональність системи безпеки. Важливо також, щоб синхронізація дій різних елементів системи забезпечувала швидке реагування на можливі загрози, такі як пожежі. Регулярний контроль якості та моніторинг системи дозволяють виявляти слабкі місця і приймати необхідні заходи для підтримки її цілісності.

2. Ідентифікації та оцінці ризиків.

Систематичне виявлення потенційних загроз пожежі на всіх етапах переробки дозволяє мінімізувати ризики та підвищити безпеку виробництва. Залучення експертів для детальної оцінки ризиків є ключовим елементом системного підходу. Експерти аналізують кожен аспект виробничого процесу, що включає використання різних матеріалів, функціонування обладнання, потенційні технічні несправності та можливі дії персоналу.

3. Взаємозв'язку та інтеграції.

Кожен компонент системи повинен бути тісно пов'язаний з іншими для мінімізації ризиків виникнення пожежі.

4. Адаптації та гнучкості.

Система повинна мати здатність до швидкої адаптації до змін у технологіях, процесах або зовнішніх умовах, що можуть впливати на пожежну безпеку. Це включає

зміну нормативних вимог, модернізацію обладнання, оновлення стандартів або реагування на нові ризики, що виникають у результаті зовнішніх чинників, таких як збої в енергопостачанні або нестабільна робота інфраструктури.

Гнучкість дозволяє системі оперативно вносити корективи в заходи безпеки, оптимізувати процеси, впроваджувати новітні технології для зниження ризиків.

5. Оперативному реагуванні та зворотному зв'язку.

Впровадження зворотного зв'язку дозволяє швидко реагувати на надзвичайні ситуації та мінімізувати можливі ризики. Завдяки швидкому зворотному зв'язку забезпечується оперативне в локалізації та усуненні ризиків небезпеки.

6. Інтеграції з іншими системами безпеки.

Система пожежної безпеки повинна взаємодіяти з іншими системами безпеки, такими як екологічна безпека, охорона праці та технічне обслуговування обладнання.

Кваліфікація співробітників дозволяє ефективно контролювати ризики, запобігати можливим загрозам і швидко реагувати на небезпеку.

Таким чином, системний підхід до зниження пожежної небезпеки при термічній переробці полімерних відходів забезпечує комплексний і інтегрований підхід, що сприяє підвищенню безпеки процесу та зменшенню ризиків пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шершньов В.О., Рашкевич Н.В. Аналіз способів зниження пожежної небезпеки об'єктів захоронення твердих побутових відходів. Збірник тез доповідей: випуск 63 (м. Тернопіль, 11 листопада 2021 р.). Тернопіль. 2021. С. 122–123.

2. Пастухова А.О., Рашкевич Н.В. Питання забезпечення пожежної безпеки на території полігону побутових відходів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 76.

3. Бахишов А., Рашкевич Н.В. Обґрунтування вибору математичного інструментарію визначення стану пожежної небезпеки полігонів твердих побутових відходів. 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. 180–181.

4. Полупан В.А., Рашкевич Н.В. Ризики, що постали перед регіонами у сфері поводження з відходами. Матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів: студент. й шкіл. секція», Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 79–80.

5. Кирпиленко О.О., Рашкевич Н.В. Проблемні питання отримання вторинної сировини з твердих побутових відходів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 196.

6. Рашкевич Н.В. Исследование состава продуктов горения синтетического волокна. East journal of security studies. 2017. Том 1. С. 194–201.

УДК 614.84

НЕОБХІДНІСТЬ РОЗРАХУНКУ СТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ ПРИ ПОЖЕЖІ ТА ВИБУХУ

Майборода Р.І.
Національний університет цивільного захисту України

Необхідність розрахунку стійкості будівель до прогресуючого обвалення при пожежі та вибуху є актуальною проблемою сучасного будівництва та проєктування. У зв'язку з підвищеними ризиками надзвичайних ситуацій, спричинених як природними, так і антропогенними факторами, важливо передбачити відповідні заходи, щоб мінімізувати можливі жертви та матеріальні збитки [1].

Прогресуюче обвалення – це явище, при якому локальне руйнування одного або декількох елементів конструкції призводить до лавиноподібного обвалення всієї споруди або її значної частини. Такий процес є особливо небезпечним при пожежах і вибухах, оскільки неконтрольоване поширення вогню чи ударна хвиля можуть миттєво спричинити втрату стабільності всієї будівлі.

Під час пожежі високі температури призводять до втрати міцності матеріалів, теплового розширення елементів конструкції та значного збільшення навантажень, що діють на несучі елементи [2,3]. Це може спричинити поступову або раптову втрату несучої здатності окремих елементів та їх подальше руйнування. У разі вибуху діє миттєве імпульсне навантаження, що спричиняє руйнування несучих конструкцій та створює додатковий ризик розвитку прогресуючого обвалення.

Комбіноване навантаження на конструкції від пожежі та вибуху є одним з найскладніших для аналізу, оскільки поєднує дві руйнівні дії, що розвиваються у різних часових масштабах. Спочатку пожежа поступово нагріває конструктивні елементи, що зменшує їхню міцність, спричиняє теплове розширення та може призвести до локальних деформацій. Під впливом високих температур окремі елементи конструкції можуть втратити несучу здатність, що робить будівлю вразливішою до подальших навантажень. Якщо після цього відбувається вибух, ударна хвиля впливає на вже ослаблені конструктивні елементи, що може спричинити миттєве руйнування та прогресуюче обвалення будівлі.

Загальну стійкість будівлі до прогресуючого обвалення під впливом комбінованої дії пожежі та вибуху забезпечується, якщо для будь-яких елементів і їхніх з'єднань забезпечення виконання наступної умови:

$$E_{d.fire} + E_{d.blast} \leq R_d \qquad (1)$$

де, $E_{d.fire}$ – розрахункова величина результату дій для прийнятої розрахункової ситуації – пожежа; $E_{d.blast}$ – розрахункова величина результату дій для прийнятої розрахункової ситуації – пожежа; R_d – розрахункова величина несучої здатності для прийнятої розрахункової ситуації.

Основний критерій стійкості до прогресуючого обвалення полягає в здатності конструкції зберігати свою несучу здатність навіть у разі локального руйнування одного або кількох несучих елементів. Це означає, що будівля має бути здатною перерозподіляти навантаження між іншими елементами без виникнення прогресуючого обвалення [4]. Для цього застосовуються концепції альтернативних шляхів передачі навантаження, підвищеної міцності критичних зон конструкцій та використання матеріалів з високою вогне- та вибухостійкістю.

Основними підходами до запобігання прогресуючому обваленню є:

– надмірна резервна міцність конструкцій, що дозволяє витримати руйнування окремих елементів;

– використання альтернативних шляхів навантаження, що запобігає прогресуючому обваленню;

– вогнезахист конструкцій шляхом використання термостійких матеріалів та спеціальних покриттів;

– застосування відповідних конструктивних рішень та технічних засобів, які зменшують вплив вибухового навантаження;

– ретельне проєктування та застосування сучасних методів оцінки ризиків;

– використання сучасних технологій моніторингу стану конструкцій, що дозволяє виявляти потенційні загрози на ранніх стадіях та оперативно реагувати на них;

– запровадження нових нормативів та стандартів, які враховують сучасні ризики та вимоги до стійкості будівельних об’єктів;

– проведення регулярних тренувань і навчань для персоналу та рятувальних служб з метою оперативного реагування у разі аварійних ситуацій.

Крім того, важливо враховувати людський фактор та можливі помилки при будівництві та експлуатації споруд. Дослідження показують, що значна частина аварійних ситуацій виникає через недоліки в проєктуванні, порушення технологічних регламентів або неналежне технічне обслуговування конструкцій.

Таким чином, розрахунок прогресуючого обвалення при пожежі та вибуху є важливим аспектом забезпечення безпеки об’єктів. Його виконання сприяє підвищенню надійності конструкцій, зниженню ризиків втрати людських життів та мінімізації економічних збитків.

Врахування сучасних методів аналізу, впровадження інноваційних підходів до проєктування та вдосконалення будівельних норм дозволяє значно знизити ймовірність катастрофічних наслідків та підвищити загальний рівень безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Необхідність дослідження несучих залізобетонних конструкцій прогресуючому обваленню будівель та споруд в умовах вибуху та післявибухової пожежі. Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару). Харків: НУЦЗ України, 29 лютого 2024. С. 34–35.

2. Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Ромін А.В. Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. Механіка та математичні методи : науковий журнал. Одеса : ОДАБА, 2023. Вип. 2. С. 25-40. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40

3. Майборода Р.І. Аналіз можливості проведення розрахунків на стійкість будівель та споруд до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі: Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару). Харків: НУЦЗ України, 23 лютого 2023. С.112–113.

4. Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Огляд методів розрахунку прогресуючого обвалення при виникненні пожежі. Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. С. 135–136.

УДК 614.841

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИДИМНОГО ЗАХИСТУ ПІДЗЕМНИХ ПОВЕРХІВ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

***Мироненко А.А.*[1],**
***Отрош Ю.А.*[2],** *д.т.н., професор,*
***Майборода Р.І.*[2]**
[1]*ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України*

В умовах воєнного стану в Україні значно змінились умови експлуатації житлових будівель, що вимагає переглянути вимоги до протипожежного захисту, зокрема до систем протидимного захисту. Зростання кількості укриттів у житлових будинках за рахунок використання паркінгів та підвалів, як найпростіших укриттів, потребує вдосконалення заходів безпеки, з метою мінімізації ризиків, пов'язаних із задимленням під час пожеж.

В результаті воєнних дій можливість швидкої евакуації з будівель може бути обмежена, через руйнування конструкцій будівель, та як наслідок, блокування виходів, що збільшує небезпеку отруєння продуктами горіння. Дим є однією з основних загроз при пожежі, через вміст токсичних речовин, значно знижує видимість та ускладнює рятування людей. У зв'язку з цим дослідження ефективності протидимного захисту підземних поверхів набуває особливої актуальності.

У період воєнного стану житлові будівлі часто зазнають порушень функціонування інженерних систем, зокрема систем вентиляції та димовидалення. Відсутність електропостачання або пошкодження комунікацій можуть ускладнювати роботу традиційних засобів димовидалення, що потребує пошуку альтернативних або автономних рішень для підтримки безпечних умов.

Також важливо звернути увагу на нормативно-правову базу у цій сфері, яка має врахувати нові виклики та адаптувати стандарти до реальних умов. Аналіз сучасних вимог до систем протидимного захисту дозволить розробити рекомендації щодо підвищення ефективності таких систем у надзвичайних ситуаціях.

Змодельована цифрова модель димовидалення для підземного паркінгу, яка була отримана в ході дослідження має важливе практичне значення та широкий спектр можливостей як для проектувальників, так і для представників органів ДСНС України та організацій, які будуть експлуатувати житлові комплекси. Цифрова модель допомагає ще на стадії проектування оцінити ефективність систем пожежної безпеки, визначити оптимальне їх розташування та передбачити сценарії розвитку надзвичайних ситуацій.

Одним з головних практичних результатів є те, що є можливість на основі моделювання прогнозувати поведінку диму в реальних умовах, в залежності від конфігурації об'єкта, що дозволяє вчасно виявити потенційні зони накопичення диму, «мертві зони» із недостатньою вентиляцією, та оцінити час для евакуації людей. Це є важливим як для коригування проектного рішення, до фактичного введення об'єкта в експлуатацію, так і для проведення аудиту пожежної безпеки вже збудованих комплексів (наприклад, для проектування реконструкції визначеного об'єкта).

Результати моделювання також можна застосувати для складання реалістичних схем евакуації людей, адже наочно можна побачити ділянки з більшим та меншим пожежним навантаженням і т.п.

Відпрацювання навчань для пожежно-рятувальних підрозділів також буде мати більш прикладний характер, стає можливим враховувати особливості об'єкта та як діяти в різних умовах, коригувати дії підрозділів в залежності від особливостей будівлі, при цьому більш якісно залучати персонал об'єкта.

Сучасні житлові комплекси як в Україні так і в світі все частіше використовують систему «розумний будинок», яка базується на автоматизованих системах, за результатами моделювання можливо більш точно налаштувати чутливі елементи таких систем, для своєчасної активації систем димовидалення, моніторингу диму та керування евакуацією людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кукузенко А.М., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А. Визначення стану безпеки шляхів евакуації. Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах». м. Харків, НТУ «ХПІ», 1-2.12.2022 р. С. 114–116.

2. Хілько Ю.В., Тригуб В.В., Грицина І.М. Моделювання безпечної евакуації людей з висотних будівель при пожежі. Науковий вісник будівництва. Харків, 2017. Т. 90. № 4. С. 267–271.

3. Щолоков Е.Е., Отрош Ю.А., Майборода Р.І. Моделювання евакуації людей при пожежі за допомогою програмного забезпечення Pathfinder. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація». Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 127–129.

4. Олейник О.С., Отрош Ю.А. Технічні можливості програмного забезпечення Pathfinder Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту. Матеріали міжнародної науковопрактичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 174.

5. Рубан А.В., Рашкевич Н.В., Отрош В.Ю. Моделювання евакуації людей при пожежі в програмному забезпеченні PATHFINDER. Modern Technologies for Solving Actual Society's Problems. Edited by Oleksandr Nestorenko and Iryna Ostopolets. Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. С. 412–420.

6. 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.

7. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Тригуб В.В. Евакуація при пожежі з дитячих ігрових майданчиків з повністю закритим устаткованням The 12th International scientific and practical conference "Innovative development of science, technology and education" (August 29-31, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024. С. 117–122.

8. 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.

УДК 614.841

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ПОТОКІВ ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ ПЕРЕСУВАННЯ

***Михайлюк-Філімонова Є.В.*[1],**
***Тригуб В.В.*[2],** *к.т.н., доцент,*
***Глабчук А.А.*[3]**
[1]*ГУ ДСНС України у м. Київ,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України,*
[3]*ГУ ДСНС України у Житомерській області*

При проєктуванні будівель лікувальних установ висувається низка питань, пов'язаних з організацією безпечної евакуації людей, які перебувають в цих закладах при надзвичайних ситуаціях, пожежах, сигналах «Повітряна тривога», обстрілах [1, 2]. Багато норм та документів [3–5], спрямованих на їх вирішення, оперують такими поняттями, як «число виходів», «ширина виходів», «відстань до виходу» тощо. Вони є важливими для проєктування засобів захисту від пожежі, але не є фундаментальними параметрами. В даний час за загальним визнанням вони можуть бути більш повно виражені в термінах часу та поведінки людей – евакуаційні шляхи та виходи в будинках та спорудах мають забезпечувати безпечну (своєчасну та безперешкодну) евакуацію людей. Показниками своєчасної та безпечної евакуації є дотримання умов [6]:

$$t_{\text{ев}} = t_{\text{р}} + t_{\text{пе}} \le 0{,}8 \cdot t_{\text{бл}}; \quad (1)$$

$$t_{\text{ск}} \le 6 \text{ хв}, \quad (2)$$

де $t_{\text{р}}$ – розрахункова тривалість евакуації людей, хв; $t_{\text{пе}}$ – тривалість початку евакуації (інтервал тривалості від виникнення пожежі до початку евакуації людей), хв; $t_{\text{бл}}$ – тривалість блокування шляхів евакуації (інтервал тривалості від початку пожежі до блокування евакуаційних шляхів у результаті поширення на них небезпечних чинників пожежі (НЧП), що мають гранично допустимі для людей значення), хв; $t_{\text{ск}}$ – тривалість існування скупчень людей на і-ій ділянці.

Для встановлення закономірності зв'язку між параметрами потоків був використаний той факт, що загальний вигляд залежності при застосуванням імітаційно-стохастичної моделі руху людських потоків встановлений [6]. Таким чином «встановлення» нової залежності зводиться практично до обчислення значень a_k і $D_{0,k}$ у виразі:

$$V_{D,k} = V_{0,k} \cdot (1 - R_D) = V_{0,k} \cdot \left(1 - a_k \cdot ln\frac{D_i}{D_{0,k}}\right) \quad (3)$$

де $V_{D,k}$ – випадкова величина швидкості людей в емоційному стані при щільності людського потоку D_i на ділянці i-го виду шляху; $V_{0,k}$ – математичне очікування швидкості вільного руху людей у потоці (випадкова величина індивідуальної швидкості вільного руху (за відсутності впливу оточуючих людей), що залежить від виду шляху та рівня емоційного стану людей); a_k – коефіцієнт адаптації людей до змін щільності потоку під час руху по k-му виду шляху; D_i – значення щільності людського потоку на i-му відрізку ділянки шляху з шириною b_i, чол/м^2; $D_{0,k}$ – граничне значення щільності людського потоку, до досягнення якого можливий вільний рух людей по k-му виду шляху (щільність не впливає на швидкість руху людей).

При проведенні спостережень для пацієнтів амбулаторно-поліклінічного корпусу

була проведена тренувальна евакуація, яка не оголошувалась (не анонсувалась), а медичний персонал, до якого ці пацієнти були записані на прийом, був попереджений та супроводжував пацієнтів під час евакуації, але персонал не знав часу її початку.

Продемонстрований пацієнтами рівень емоційного стану був прийнятий відповідним для евакуації під час пожежі, а отримані закономірності зв'язку між параметрами людських потоків коректними для цих умов.

Аналіз встановлених закономірностей звертає увагу що, для людей з обмеженими можливостями пересування властива набагато нижча швидкість спуску сходами, ніж швидкість руху горизонтальним шляхом. Рівність швидкості вільного руху горизонтальним шляхом і сходами вниз характерна для груп людей, які знаходяться у розквіті сил і мають високо скоординовану схему тіла.

Надані рекомендовані для нормування закономірності зв'язку між параметрами людських потоків людей із початковими категоріями обмеження рухливості (близько 80 %), які представлені у табл. 1. Для порівняння там же наведено нормовані значення властивостей людського потоку для імітаційно-стохастичної моделі руху людських потоків [6, 7].

Таблиця 1. Значення величин, що описують закономірності зв'язку між параметрами людських потоків у нормуванні

Норма	Склад потоку	Вид шляху	$V_{0,k}$, м/хв	a_k	$D_{0,k}$, чол/м^2
Існуючі	Люди з нормальними можливостями	горизонтальний	100	0,295	0,51
		сходи вниз	80	0,4	0,89
	Особи працездатного віку в стаціонарах лікарень (стаціонари лікарень)	горизонтальний	44	0,414	0,77
		сходи вниз	24	0,422	0,96
Рекомендовані	Люди з обмеженими можливостями	горизонтальний	54	0,35	1,08
		сходи вниз	27	0,59	1,08

ЛІТЕРАТУРА

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

2. Майборода Р., Рашкевич Н., Отрош Ю., Сур'янінов В. Забезпечення безпеки евакуації маломобільних груп населення за допомогою пожежних ліфтів. Матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С. 112–113.

3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=68456

4. ДБН В.2.2-10:2022 Заклади охорони здоров'я. Основні положення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=101916

5. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі Зміною № 1. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59526

6. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138

7. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. Зміна № 1. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=102733

УДК 614.8

ЗАПОБІГАННЯ ПОЖЕЖАМ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ПЕРЕРОБКИ ЕФІРО-ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ

Неменуща С.М., *к.с.-г.н.,*
Лисюк В.М., *к.т.н., доцент*
Одеський національний технологічний університет

Ефіроолійні рослини – це ароматичні, дикорослі або культурні види рослин, що містять у листках, квітках, коренях або інших органах ефірну олію і використовуються як сировина в ефіроолійній промисловості [1]. В Україні поширено всього 250 видів, але промислове значення мають понад 20 видів, а саме: троянда, лаванда, фіалка, м'ята перцева, шавлія, меліса, валеріана, конвалія, кмин, аніс, евкаліпт, коріандр, мигдалеве дерево, апельсин, розмарин, сосна, ваніль тощо. З ефіроолійних культур в Україні вирощують коріандр (Кіровоградська, Миколаївська, Запорізька області, Поділля), аніс і кмин (Хмельницька та Львівська області), м'ята перцева (Чернігівщина і Черкащина), шавлія мускатна, лаванда, гісоп лікарський, м'ята перцева (Одеська область), троянда (південно-західні області), герань (причорноморські райони), фенхель (Чернівецька область) тощо [7]. Велике значення у парфюмерно-косметичній, медичній та харчосмаковій промисловості мають ефірна олія з розмарину, троянди, лаванди та продукти переробки коріандру, м'яти, кмину, шавлії, фенхелю. Рослини ефіроолійних культур швидко псуються, тому їх переробляють поряд з місцями вирощування. На сьогоднішній день кількість об'єктів, що виробляють ефірні олії, збільшується. Тому питання запобігання

Ефірні олії – горючі рідини. Температура спалаху найбільш поширених з них знаходиться в межах 45–99 °С, тому їх відносять до третього класу вогненебезпечних рідин (від 45 °С до 100 °С) [5]. Технологічне устаткування ефіроолійної промисловості відповідно до [4, 5, 7] визнано підвищено небезпечним.

У Кодексі цивільного захисту України [2] проголошується, що забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною державної діяльності щодо захисту населення, територій, навколишнього природного середовища та майна. Діяльність із забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств, установ та організацій (стаття 55 [2]).

«Правила пожежної безпеки України» [3] встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки для підприємств, установ і організацій, що експлуатуються, будуються, реконструюються та технічно переоснащуються.

На підприємствах з переробки ефіроолійних культур питання організації пожежної безпеки регулюють «Правила пожежної безпеки для підприємств з переробки ефірно-олійної сировини» [5]. Встановлюються вимоги до організаційних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, загальні вимоги пожежної безпеки до утримання території підприємств, будівель, приміщень та технологічних установок, вентиляції, опалення, виробничої каналізації, електроустановок, засобів контролю та автоматики. Оговорюються питання захисту від зарядів статичної та атмосферної електрики. Забезпечення пожежної безпеки складів горючих речовин і матеріалів, зерноскладів і лабораторій. Вимоги пожежної безпеки до технологічних процесів. Даються вказівки для їх виконання, а саме:

– на випадок небезпечних несправностей та аварій пожежобезпечного технологічного обладнання розробляють захисні заходи, що обмежують масштаб та наслідки пожежі;

– електрообладнання може застосовуватися у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зонах лише за умови відповідності їх рівня вибухозахисту (ступеня захисту оболонки) класу зони;

– оснащення автоматичними засобами контролю параметрів, значення яких визначають вибухопожежонебезпечність процесу, сигналізацією граничних значень і системами блокувань, які перешкоджають виникненню аварійних ситуацій.

– встановлення автоматичних газоаналізаторів для контролю за станом повітряного середовища у виробничих та складських приміщеннях, у яких застосовуються, виробляються або зберігаються речовини й матеріали, здатні утворювати вибухонебезпечні концентрації газів і парів. За відсутності газоаналізаторів, які випускаються серійно, необхідно здійснювати періодичний лабораторний аналіз повітряного середовища;

– обладнання виробничою автоматикою сушильних приміщень (камер, шаф) для сировини, напівфабрикатів і пофарбованих готових виробів, яка відключає нагрівні прилади в разі підвищення температури вище допустимої. Але дозволяє ручне відключення сушильного обладнання в разі постійного спостереження за ним обслуговуючого персоналу.

Для кожного приміщення об’єкта мають бути розроблені та затверджені керівником об’єкта інструкції про заходи пожежної безпеки. Інструкції з пожежної безпеки розробляють для працівників. Особи, яких приймають на роботу, пов’язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні попередньо (до початку самостійного виконання роботи) пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Обслуговуючий персонал повинен знати характеристики пожежної небезпеки застосовуваних або вироблюваних (отримуваних) речовин та матеріалів і обов’язково дотримуватися вимог маркування і попереджувальних написів, які нанесені на упаковках або наведені у вказівках щодо їх застосування.

З метою проведення заходів із запобігання виникненню пожеж та організації їх гасіння на підприємствах з числа працівників згідно [6] повинна створюватися добровільна пожежна охорона.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ефіроолійні рослини. URL: https://uk.wikipedia.org/

2. «Кодекс цивільного захисту України». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text (дата звернення 28.02.2025 р.).

3. НАПБ А.01-001-2015 «Правила пожежної безпеки України». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text (дата звернення 28.02.2025 р.).

4. Постанова КМУ від 26.10.2011р. за №1107 «Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1107-2011-%D0%BF#Text (дата звернення 28.02.2025 р.).

5. Наказ Міністерства аграрної політики України, Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи 10.04.2007 № 252/235 «Правила пожежної безпеки для підприємств з переробки ефірно-олійної сировини». URL: https://ips.ligazakon.net/document/RE13762?an=54 (дата звернення 25.02.2025 р.).

6. «Про затвердження Порядку утворення та функціонування пожежно-рятувальних підрозділів для забезпечення добровільної пожежної охорони». Постанова Кабінету Міністрів України від від 7 квітня 2023 р. № 314.

7. Пешук Л. Технологія парфумерно-косметичних продуктів. Навчальний посібник. Видавництво: Центр навчальної літератури. 2019. 376 с.

УДК 351.862

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ УКРИТТЯ НАСЕЛЕННЯ

Нестеренко Б.Б.,
Назаренко С.Ю., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення безпеки населення у надзвичайних ситуаціях є одним із ключових завдань державної політики [1]. Захисні споруди цивільного захисту (ЗСЦЗ) відіграють важливу роль у мінімізації ризиків для життя та здоров'я громадян [2]. В умовах сучасних загроз, зокрема збройних конфліктів, природних катастроф та техногенних аварій, функціональність цих споруд стає критично важливою. Однак їхній реальний стан часто не відповідає нормативним вимогам, що може суттєво знизити ефективність заходів цивільного захисту.

На сьогодні значна частина захисних споруд зазнала фізичного зносу, не відповідає сучасним стандартам безпеки або перебуває у стані, непридатному для використання. Відсутність систематичного фінансування, недостатній рівень обізнаності населення про розташування та правила використання укриттів, а також бюрократичні перепони у процесі їх модернізації є основними проблемами, які потребують негайного вирішення. Крім того, технологічний розвиток відкриває нові можливості для вдосконалення інфраструктури цивільного захисту, включаючи застосування сучасних матеріалів та цифрових рішень для управління кризовими ситуаціями.

Таким чином, метою даного дослідження є аналіз стану захисних споруд цивільного захисту в Україні та розробка пропозицій щодо їхньої модернізації та підвищення ефективності використання в умовах надзвичайних ситуацій [3].

1. Аналіз стану захисних споруд

Аналіз наявних ЗСЦЗ показує, що значна частина сховищ знаходиться у незадовільному стані через недостатнє фінансування та неналежний контроль. Згідно з офіційними даними, лише близько 30–40 % об'єктів здатні виконувати свої функції у разі надзвичайної ситуації. Основними проблемами є:

- фізичне зношення споруд;
- відсутність необхідного обладнання та систем життєзабезпечення;
- недостатня обізнаність населення щодо місцезнаходження та правил використання укриттів.

Детальний аналіз показує, що основними причинами фізичного зношення захисних споруд є їх вік, недостатнє технічне обслуговування та вплив несприятливих факторів навколишнього середовища. Значна частина сховищ була побудована ще за радянських часів, і з моменту їх створення не проводилося жодного капітального ремонту. Корозія металевих елементів, руйнування бетонних конструкцій та відсутність належної гідроізоляції призводять до поступового зниження їхньої функціональності.

Відсутність необхідного обладнання та систем життєзабезпечення є ще однією критичною проблемою. Більшість укриттів не оснащені вентиляційними системами, запасами питної води та санітарними вузлами, що робить їх непридатними для тривалого перебування населення у разі надзвичайної ситуації. Крім того, у багатьох випадках спостерігається відсутність електропостачання та зв'язку, що ускладнює використання сховищ у кризових умовах.

Недостатня обізнаність населення щодо місцезнаходження та правил використання укриттів також є значною проблемою. Багато громадян не знають, де розташовані найближчі сховища, що може призвести до хаосу у разі надзвичайної ситуації. Відсутність актуальної інформації у відкритому доступі, недостатня кількість навчальних заходів та

відсутність сучасних технологічних рішень для швидкого доступу до даних про укриття ускладнюють ефективне використання існуючої інфраструктури.

2. Необхідність удосконалення системи укриття населення

З огляду на сучасні загрози, включаючи військові конфлікти та техногенні аварії, необхідно переглянути існуючу систему цивільного захисту. Доцільним є:

- оновлення нормативно-правової бази щодо облаштування та обслуговування ЗСЦЗ;
- впровадження сучасних технологій у будівництві та модернізації укриттів;
- створення інтерактивних карт укриттів та мобільних додатків для швидкого доступу до інформації;
- підвищення рівня поінформованості громадян шляхом проведення навчань та інформаційних кампаній.

З огляду на результати дослідження, можна зробити висновок, що нинішній стан захисних споруд потребує комплексного підходу до модернізації та покращення управління. Необхідно розробити чітку державну стратегію щодо реконструкції та будівництва сучасних укриттів, адаптованих до сучасних викликів. Залучення міжнародного досвіду, використання інноваційних технологій та вдосконалення нормативно-правової бази сприятимуть підвищенню рівня готовності країни до надзвичайних ситуацій.

Крім того, важливою складовою ефективної системи цивільного захисту є підвищення обізнаності громадян щодо дій у кризових ситуаціях. Регулярні навчання, інформаційні кампанії та інтеграція цифрових рішень для оперативного доступу до інформації про укриття сприятимуть ефективнішому використанню існуючої інфраструктури.

Запропоновані заходи сприятимуть підвищенню рівня безпеки населення, зниженню ризиків у разі надзвичайних ситуацій та створенню надійної системи цивільного захисту, здатної оперативно реагувати на сучасні виклики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України Про правовий режим надзвичайного стану від 16.03.2000 № 1550-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-14#Text

2. Кодекс цивільного захисту України. Рішення ВР від 02.10.2012. № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text

3. Гречанюк А.І., Ковальчук О.П. Модернізація системи цивільного захисту в умовах сучасних загроз. Науковий вісник НУЦЗУ, 2022. № 3. С. 45–53.

УДК 614.844

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОМРЕСІЙНОЇ ПІНИ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЯХ

***Осадчук М.В.*[1],**
***Ніжник В.В.*[2],** *д.т.н., професор*
[1]*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,*
[2]*Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України*

На сьогоднішній день науково-технічний процес розвивається надзвичайно стрімко. Безліч викликів сьогодення вимагають від людства не лише глибокого розуміння сучасних технологій, але й вміння адаптувати їх до нових умов.

Наша країна четвертий рік перебуває в умовах повномасштабної війни. Залишаючись заручником географії, ми розуміємо, що агресор продовжить реалізовувати цілеспрямовану стратегію руйнування об'єктів критичної інфраструктури з метою дестабілізації енергетичної, логістичної та інформаційної систем держави. З цього випливає актуальна проблема, гасіння пожеж на об'єктах критичної інфраструктури, а саме на паливно-енергетичного комплексу.

Трансформаторні підстанції [1] широко застосовуються на об'єктах енергетичного комплексу, що значною мірою підвищує рівень пожежної небезпеки таких об'єктів. Це зумовлює необхідність швидкого реагування для мінімізації наслідків НС. З огляду на високу небезпеку для особового складу під час гасіння пожеж, зокрема ризики вибухів, розгерметизацією трансформаторного обладнання та швидким поширенням вогню на значні площі, є необхідним максимально раціональне рішення для забезпечення гасіння пожеж на таких об'єктах.

З огляду на міжнародну практику, яку нами було детально проаналізовано, а також опрацювавши вітчизняні джерела [2], було з'ясовано, що у провідних країнах світу вже набуло великої популярності широке використання компресійної піни. Всю свою ефективність застосування та перспективність в напрямку пожежогасіння було виправдано повністю. Перевагою також є досить простий спосіб отримування компресійної піни за рахунок примусового введення повітря в розчин піноутворювача за допомогою компресора. Такі системи називаються "Compressed air foam system" (CAFS).

Основні переваги використання компресійної піни:

– щільна структура піни дозволяє швидко ізолювати джерело займання від кисню;

– забезпечує швидке охолодження осередку пожежі;

– компресійна піна потребує значно меншої кількості води у порівнянні з традиційними пінними або водяними системами;

– компресійна піна має велику стійкість, що в свою чергу забезпечує профілактику повторного загоряння;

– створює захисний шар на поверхні горючих матеріалів;

– може використовуватися як у ручному, так і в автоматизованому режимі**;**

– можливість дистанційного нанесення, що знижує ризик ураження рятувальників;

– не проводить електричний струм – безпечна при гасінні електроустановок.

В Україні даному способу гасіння пожеж приділяється недостатньо уваги зокрема через його фінансову затратність, але слід відмітити, що напрацювання в цьому сегменті пожежної безпеки є, [3] але їх потрібно масштабувати та розвивати.

З огляду на вищезазначене та з метою збереження життя та здоров'я особового складу та для ефективного гасіння пожеж на трансформаторних підстанція [4] необхідно впроваджувати в широке використання компресійну піпу, яка є універсальним засобом

пожежогасіння, забезпечує високу ефективність ізоляції осередку займання, мінімізує витрати води та створює стійкий покрив, що запобігає повторному загорянню.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2790-94 Системи електропостачальні номінальною напругою 1000 В: джерела, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії. Терміни та визначення.

2. Ковалишин В.В., Лозинський Р.Я., Войтович Т.М., Ковалишин В.В., Великий Н.Р. та ін. Розширення галузі застосування компресійної піни. Збірник наукових праць, 2022. С. 372–374.

3. Кодрик А.І. та ін. Розроблення експериментального лабораторного зразка системи пінного пожежогасіння, що споживає стиснене повітря (CAFS). Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2018. № 2 (6). С. 4–9.

4. Kodryk, A., Nikulin, O., Titienko, O., Kurtov, A., Shakhov, S. (2019). Залежність властивостей компресійної піни від робочих параметрів процесу генерування піни. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. № 1(1(7). С. 54–63.

УДК 614.8

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГЕНЕРАТОРА КОНДЕНСОВАНОГО АЕРОЗОЛЮ

Панасенко А.А.,
Бондаренко С.М., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Пожежі це події, які можуть призвести до втрати життя та майна в усьому світі, завдаючи серйозної шкоди та небезпек, які вимагають превентивних заходів. Раннє виявлення та швидке реагування на пожежі мають життєво важливе значення для запобігання втраті життя людей та матеріальних цінностей. Серед заходів протипожежної безпеки першочергову роль відіграють системи автоматичного протипожежного захисту.

Монреальській протокол, який заборонив застосування озоноруйнівних газових вогнегасних сумішей і почав діяти з 1 січня 1989 року, підштовхнув фахівців з питань пожежної безпеки до пошуку альтернативних вогнегасних сполук. На прикінці двадцятого століття рядом виробників запропоновані газові вогнегасні суміші, які мали нульовий озоноруйнівний ефект та достатньо високу вогнегасну ефективність, але нажаль не позбавились недоліків, пов'язаних з необхідністю змонтувати та утримувати розгалудженну систему розподільчих трубопроводів для доставки газової вогнегасної суміші в приміщення, що захищається, резервуарів високого тиску для зберігання достатньої кількості вогнегасного агенту і також вартість новітніх газових сумішей залишається дуже високою.

Разом з тим, в 1990-х роках набула популярності технологія конденсованого аерозолю, яка на сьогоднішній день нормується вимогами ряду міжнародних та вітчизняних документів [1–3].

Вогнегасний, або конденсований аерозоль відноситься до засобів, що реалізує об'ємний спосіб гасіння. При проектуванні та монтажі системи необхідно враховувати фізичні та технічні параметри захищеної зони, такі як клас вогнестійкості, об'єм і висота приміщення, що підлягає захисту. Однак, на відміну від своїх газових аналогів, ефективність пожежогасіння за допомогою вогнегасного аерозолю полягає переважно в перериванні ланцюгових хімічних реакцій, що відбуваються в осередку пожежі, також присутній ефект охолодження та зниження вмісту кисню в об'ємі, що захищається.

До складу автоматичної системи аерозольного пожежогасіння входять такі основні елементи: система виявлення, яка відповідає за визначення первинних ознак пожежі, панель керування, яка управляє роботою системи, пристрої оповіщення для керування евакуацією людей з приміщень, що захищаються та генератори конденсованого аерозолю.

Після виявлення та підтвердження пожежі аерозолеутворююча сполука, що міститься всередині герметичного корпуса генератора, перетворюється з твердого стану на двофазний вогнегасний агент, що швидко розповсюджується по об'єму приміщення. Ця суміш складається з карбонату калію (K_2CO_3) – активного агента – у вигляді твердих частинок розміром від 1 до 10 мкм, зважених у газовій суміші. Газоподібні тривимірні властивості конденсованого аерозолю сприяють його рівномірному розподілу в захищеному об'ємі, а також надходженню в природні конвекційні потоки горіння.

За останні тридцять років було запропоновано кілька десятків технічних рішень з побудови конструкції генератора вогнегасного аерозолю. При аналізі патентної інформації було встановлено, що вдосконалення генераторів відбувається за такими напрямками:

– зниження температури вогнегасного аерозоля;
– вдосконалення конструкції охолоджуючого приладу;
– регулювання зміною витратних характеристик;

– підвищення швидкодії генератора.

При цьому запропоновані наступні рішення по зменшенню вихідної температури речовини: безконтактний та контактний режим охолодження та газодинамічний спосіб охолодження. Перший спосіб характеризується тим, що високотемпературні продукти горіння заряду аерозолю проходять через лабіринт каналів, що складаються з подвійних стінок, між якими як охолоджувач засипаний звичайний вогнегасний порошок. За рахунок нагрівання стінок каналу порошок частково розкладається і виділяє додаткову кількість інертних газів в потік аерозолю, а частково залишається в вигляді, що не розклалася. Такий спосіб дозволяє знизити температуру аерозолю до 200 °С без зменшення його вогнегасної ефективності.

Контактний режим охолодження полягає в тому, що на шляху розпечених продуктів розкладання аерозолю встановлюється додаткова насадка, заповнена охолоджувачем пористим, найчастіше на основі оксалатів. Відбувається прямий контакт аерозолю та охолоджувача, який розкладається з ендотермічним ефектом, охолоджуючи його та виділяючи при цьому додаткову кількість інертних газів. Залежно від конструкції насадки та фізико-хімічних властивостей охолоджувача цей спосіб дозволяє знизити температуру аерозолю вогнегасного до 200–400 °С.

Газодинамічний спосіб охолодження, показав, що при випуску високотемпературного аерозолю через таку охолоджуючу насадку, можна створити так званий «холодний» аерозоль, відбувається підсмоктування повітря і за рахунок цього відбувається охолодження.

Покращення часових характеристик генераторів досягається шляхом вибору виду конструкційної схеми розміщення заряду та розташування вихідних отворів, для подачі вогнегасного аерозолю в об’єм, що захищається. Можна виділити наступні типові рішення: з постійною поверхнею заряду та виходом аерозолю через щілини в бічній стороні корпусу, з канальним зарядом та виходом через отвори постійного перетину в торці корпусу, з коаксіальною конструкцією корпусу та нейтральною поверхнею заряду. При цьому рішення, які реалізують конструкцію зі змінними витратними характеристиками, що зростають, відсутні.

В роботі пропонується конструкція генератора, що складається з двох напівкорпусів, в яких закріплено заряд аерозолеутворючої сполуки, корпуси поєднані таким чином, щоб між ними залишався певний простір, що виконує роль вихідного отвору. Корпуси скріплені болтами, між якими встановлені біметалеві пружини. Після спрацьовування генератора, нагрітий аерозоль, виходячи з корпусу, сприяє розширенню пружин і збільшенню площі випускного отвору генератора. Це призводить до збільшення витрати аерозолю та покращенню швидкодії генератора конденсованого аерозолю.

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 15276-1:2019 Fixed firefighting systems. Condensed aerosol extinguishing systems.

2. ISO 15779:2011 Condensed aerosol fire extinguishing systems – Requirements and test methods for components and system design, installation and maintenance – General requirements.

3. UL 2775 Standard for Fixed Condensed Aerosol Extinguishing System Units.

УДК 004.42(072)

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ SCILAB ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Пастернак В.В., *к.т.н., доцент*
Волинський національний університет імені Лесі Українки

У сучасних наукових дослідженнях моделювання математичних об'єктів є невід'ємною частиною аналізу та оптимізації різних процесів [1, 2]. Слід відмітити, що моделювання математичних об'єктів дозволяє глибше зрозуміти закономірності складних систем, передбачити їх поведінку та знайти ефективні рішення для практичних задач [3, 4]. Одним із популярних інструментів для числових обчислень та математичного моделювання є програмне забезпечення SCILAB [5, 6]. Варто відмітити, що дана платформа з відкритим кодом забезпечує широкі можливості для аналізу функцій [7], розв'язування диференціальних рівнянь [8], оптимізаційних задач [9], симуляції динамічних процесів та створення графічних візуалізацій результатів [10]. Важливим також є і те, що математичні об'єкти – це абстрактні концепції, які використовуються у математиці для опису та вивчення структур, властивостей, а також закономірностей. На зображені 1 представлено модель сукупності частинок (куль), розташованих у просторі з вказаними осями координат *x, y, z*.

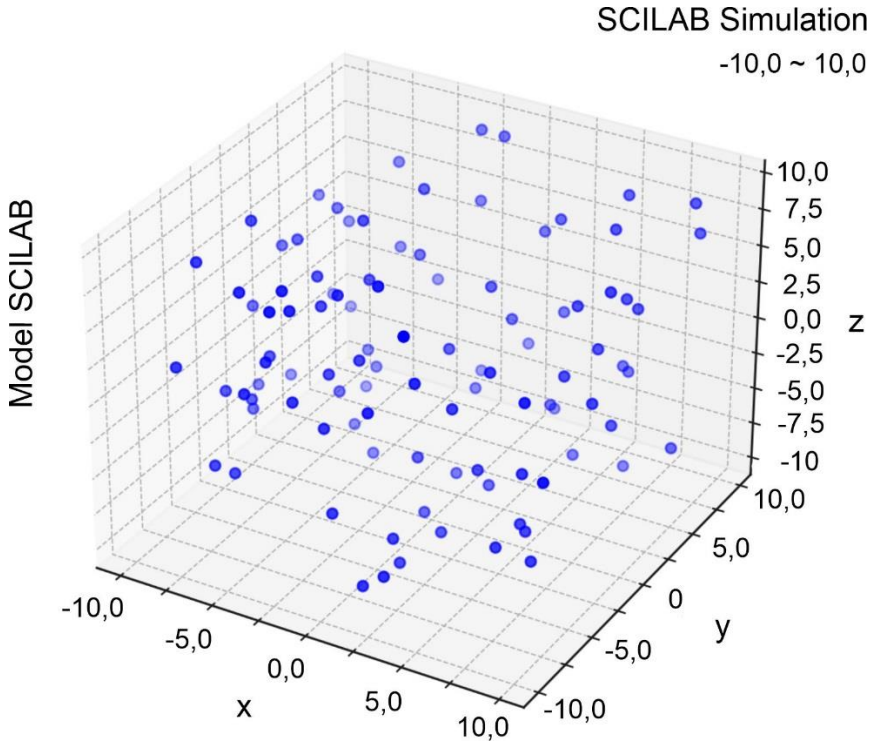


Рис. 1. Модель частинок у просторі методикою SCILAB.

Виявили, що розподіл точок у просторі в програмному додатку SCILAB можна охарактеризувати як рівномірний, що вказує на відсутність явних закономірностей у їхній конфігурації. Кожна точка розміщена таким чином, що забезпечує однакову ймовірність її потрапляння в будь-яку частину об'єму куба. Це є характерним для стохастичних процесів, де положення частинок визначається випадковими факторами. Такий розподіл також означає, що частинки не зібрані в жодній частині простору в значних скупченнях, що може бути важливим для аналізу фізичних або статистичних властивостей системи. Щодо щільності, то відсутність значних скупчень точок по всьому об'єму свідчить про

гомогенність розподілу. Жодна з областей простору не демонструє перевищення концентрації точок, що вказує на відсутність явних локальних аномалій чи утворень. Це може мати важливе значення при моделюванні фізичних процесів, де однаковий розподіл частинок часто є бажаним для деяких типів симуляцій.

Крім того, варіації в прозорості точок додають ще один рівень складності в інтерпретацію. Ці зміни можуть вказувати на наявність додаткових параметрів, таких як інтенсивність, маса або ймовірність певної події, які можна не зафіксовувати через координати, але які мають важливе значення для повного розуміння характеристик кожної точки.

ЛІТЕРАТУРА

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

2. Pasternak, V., Ruban, A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. Defect and Diffusion Forum. 428. 37–45.

3. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Otrosh, Yu., Romin, A. (2022). Software Modeling Environment for Solving Problems of Structurally Inhomogeneous Materials. Materials Science Forum. 1068. 215–222.

4. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. Defect and Diffusion Forum. 428. 47–56.

5. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. Materials Science Forum. 1126. 131-141.

6. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, Ol., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. Advances in Science and Technology. 156. 117–125.

7. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). Advances in Science and Technology. 156. 127–136.

8. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. Advances in Science and Technology. 156. 3–13.

9. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. Advances in Science and Technology. 156. 15–25.

10. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. Advances in Science and Technology. 156. 27–37.

УДК 004.42(072)

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ІЗ СФЕРИЧНИМИ ЧАСТИНКАМИ: ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРІОДИЧНИХ ГРАНИЧНИХ УМОВ ТА ПОТЕНЦІАЛУ ЛЕННАРД-ДЖОНСА

***Пастернак В.В.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Рубан А.В.*[2]**, *канд. з держ. упр., доцент*
[1]*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*
[2]*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

У моделюванні фізичних систем із великою кількістю частинок важливим є врахування міжчастинкових взаємодій та граничних умов, які визначають поведінку системи [1]. Для відтворення властивостей нескінченних середовищ без впливу граничних ефектів широко застосовуються періодичні граничні умови (PBC). Цей підхід дозволяє моделювати системи [2, 3], що складаються з великої кількості частинок, відображаючи їх поведінку як у природних та необмежених умовах так і здійснювати розподіл частинок у просторі [4]. Одним із ефективних методів чисельного інтегрування рівнянь руху частинок є алгоритм Velocity Verlet [5, 6], який забезпечує стабільність обчислень та збереження енергії системи. Для опису взаємодії між частинками слід використовувати потенціал Леннард-Джонса [7], який дозволяє адекватно моделювати короткодіючі відштовхувальні та довгодіючі притягувальні сили. Особливий інтерес становлять системи із сферичними частинками [8, 9], які можуть моделювати структури колоїдів, наноматеріалів, біомолекул та інших складних систем. Дослідження їх динаміки, процесів самоупаковки та утворення структур дозволяє зрозуміти важливі фізичні процеси, що лежать в основі багатьох природних і технологічних явищ [10]. На рисунку 1 представлено розподіл частинок у просторі, зокрема двовимірну проєкцію частинок у симуляційному середовищі.

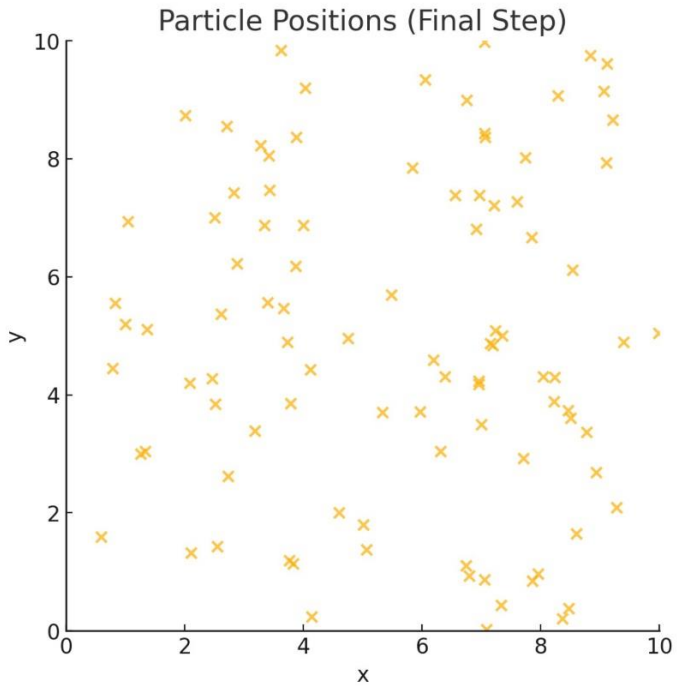


Рис. 1. Експериментальні результати розподілу частинок у просторі.

Експериментальні результати моделювання показують, що кожна точка на графіку представляє частинку системи з координатами *x* та *y* в межах симуляційного середовища розміру L×L (L=10,0). Координата *z* не врахована, оскільки це двовимірна проєкція.

Слід відмітити, що аналіз розподілу частинок дозволяє оцінити їх рівномірність або агрегацію. Взаємодія частинок, яка описана потенціалом Леннард-Джонса, може спричиняти утворення груп. Виявлені аномальні частинки, які «злипаються» через початкові умови або числові похибки, потребують перегляду параметрів моделювання. А також, результати моделювання демонструють, що система частинок у межах симуляційного середовища поводиться згідно з очікуваними фізичними закономірностями. Таким чином, застосування періодичних граничних умов (PBC) забезпечує коректне відтворення нескінченного середовища, дозволяючи частинкам залишатися всередині обмеженого простору навіть після перетину його меж. Це дає змогу аналізувати розподіл частинок без граничних ефектів, забезпечуючи більш точне моделювання та здійснювати об’єктивну оцінку фізичних процесів у системі.

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. 2735.

2. Pasternak, V., Ruban, A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. Defect and Diffusion Forum. 428. 37–45.

3. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Otrosh, Yu., Romin, A. (2022). Software Modeling Environment for Solving Problems of Structurally Inhomogeneous Materials. Materials Science Forum. 1068. 215–222.

4. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. Defect and Diffusion Forum. 428. 47–56.

5. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. Materials Science Forum. 1126. 131–141.

6. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, Ol., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. Advances in Science and Technology. 156. 117–125.

7. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). Advances in Science and Technology. 156. 127–136.

8. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, Ol., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. Advances in Science and Technology. 156. 3–13.

9. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko Ol., Nadon, Ol. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. Advances in Science and Technology. 156. 15–25.

10. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. Advances in Science and Technology. 156. 27–37.

УДК 004.42(072)

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ СФЕР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ДИСКРЕТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

***Пастернак В.В.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Рубан А.В.*[2]**, *канд. з держ. упр., доцент*
[1]*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*
[2]*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Гранульовані середовища є складними фізичними системами, які складаються з великої кількості взаємодіючих частинок різної форми та розміру [1]. Аналіз поведінки таких частинок у системах є важливим завданням для підвищення ефективності, оптимізації технологічних процесів та покращення експлуатаційних характеристик матеріалів [2, 3]. Через складність взаємодії між окремими частинками традиційні аналітичні методи часто виявляються недостатніми для опису їхньої динаміки [4]. Метод дискретних елементів (DEM) є одним із найпотужніших підходів для моделювання поведінки частинок у гранульованих системах [5, 6]. Цей метод дозволяє враховувати контактну взаємодію частинок, сили тертя та пружності, а також геометричні особливості частинок [7, 8]. Завдяки своїй універсальності DEM став ефективним інструментом для дослідження механічних властивостей систем із частинками різного розміру та складу, що перебувають у динамічних умовах [9, 10]. На рисунку 1 представлено експериментальну залежність дослідження сили тертя та маси частинки від її розміру.

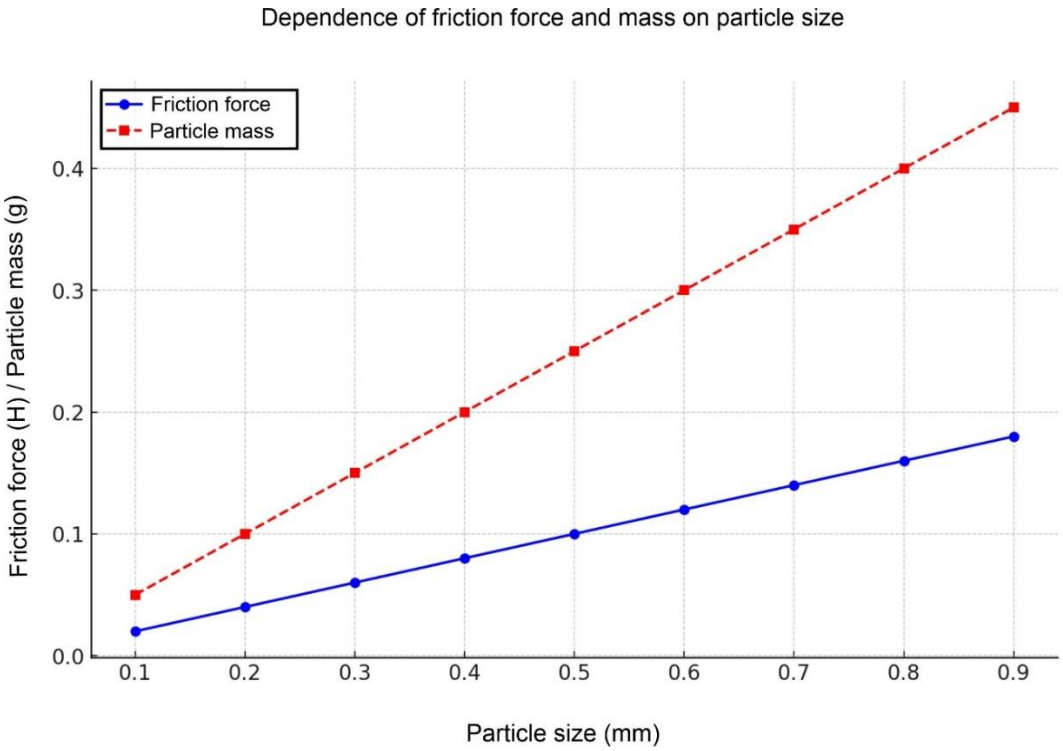


Рис. 1. Експериментальна залежність сили тертя, маси частинки від її розміру.

У процесі моделювання поведінки частинок методом дискретних елементів (DEM) було встановлено, що сила тертя та маса частинок безпосередньо залежать від їх розміру. Аналіз показав лінійний характер збільшення маси з ростом розміру частинок, тоді як сила тертя зростає відповідно до запропонованої лінійної моделі. Це свідчить про пропорційне збільшення маси частинок та інтенсивності їх взаємодії з поверхнею при збільшенні розміру. Водночас для дрібніших частинок можуть виникати додаткові

чинники, такі як мікроструктурні зміни поверхні чи вплив молекулярних сил, які здатні суттєво змінювати характер тертя.

Слід також відмітити, що застосування методу дискретних елементів (DEM) є потужним інструментом для моделювання поведінки сферичних частинок у різних фізичних системах. Дослідження показало, що DEM дозволяє точно відтворювати взаємодію між частинками, враховуючи контактні сили, тертя, пружність, фактор форми та координаційне число. Завдяки цьому методу вдалося отримати детальне уявлення про процеси, які виникають у гранульованих середовищах, таких як формування (насипи), потоки сипучих матеріалів, а також транспортування твердих тіл.

ЛІТЕРАТУРА

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

2. Pasternak, V., Ruban, A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. Defect and Diffusion Forum. 428. 37–45.

3. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Otrosh, Yu., Romin, A. (2022). Software Modeling Environment for Solving Problems of Structurally Inhomogeneous Materials. Materials Science Forum. 1068. 215–222.

4. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. Defect and Diffusion Forum. 428. 47–56.

5. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. Materials Science Forum. 1126. 131–141.

6. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. Advances in Science and Technology. 156. 117–125.

7. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). Advances in Science and Technology. 156. 127–136.

8. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. Advances in Science and Technology. 156. 3–13.

9. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. Advances in Science and Technology. 156. 15–25.

10. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. Advances in Science and Technology. 156. 27–37.

УДК 004.42(072)

ТЕСТУВАННЯ МІКРО- ТА НАНОЧАСТИНОК У ДИНАМІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ МЕТОДАМИ С++

***Пастернак В.В.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Рубан А.В.*[2]**, *канд. з держ. упр., доцент*
[1]*Волинський національний університет імені Лесі Українки,*
[2]*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Сучасні наукові дослідження значною мірою зосереджуються на вивченні властивостей та поведінки мікро- і наночастинок [1, 2]. Завдяки своїм унікальним характеристикам, таким як висока поверхнева площа та мала маса, ці частинки знаходять широке застосування у різних сферах, від створення нових матеріалів до біологічних та медичних застосувань [3, 4]. Проте для ефективного використання таких частинок необхідно глибше зрозуміти їхню поведінку в динамічному середовищі [5, 6]. Одним з найефективніших інструментів для дослідження таких явищ є чисельне моделювання, яке дозволяє проводити симуляції віртуальних експериментів з мінімальними витратами часу та ресурсів [7, 8]. Методи програмування на мові С++ надають потужні можливості для розробки ефективних алгоритмів та моделей, здатних моделювати поведінку мікро- і наночастинок в різних фізичних і хімічних середовищах [9, 10]. Слід також відмітити, що система С++ дозволяє досягнути високої продуктивності та точності при роботі з великими даними та складними математичними моделями, що є необхідним для ефективного тестування та аналізу. На рисунку 1 представлено алгоритм дослідження мікро- та наночастинок у динамічному середовищі методами С++.

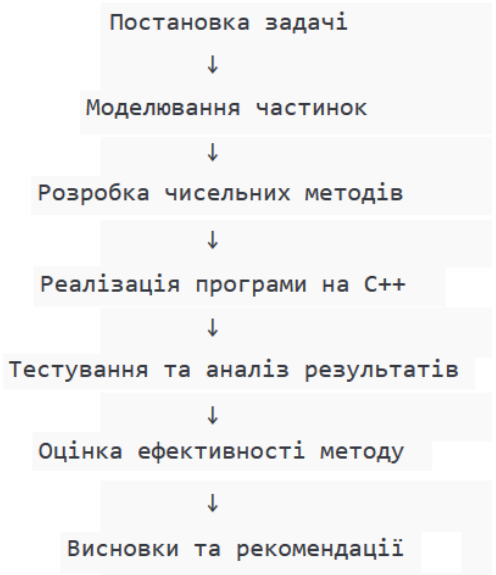


Рис. 1. Алгоритм дослідження мікро- та наночастинок у динамічному середовищі методами С++.

Алгоритм роботи на основі методів С++ описується наступним чином:

1) постановка задачі: визначення мети, параметрів тестування (тип частинок, середовище, умови експерименту, вибір моделі частинок);

2) моделювання частинок: створення математичних моделей для фізичних властивостей частинок та їх взаємодії з середовищем;

3) розробка чисельних методів: вибір методів для вирішення рівнянь руху, розробка алгоритмів на С++ для чисельного моделювання;

4) реалізація в програмному середовищі: створення програми на C++ та візуалізація результатів дослідження;

5) тестування та аналіз результатів: проведення експериментів для перевірки точності моделей і аналіз поведінки частинок;

6) оцінка ефективності методу: аналіз часу виконання коду, порівняння з реальними даними для перевірки точності;

7) висновки та рекомендації: оцінка застосовуваності моделей і пропозиції щодо покращення її ефективності.

Слід відмітити, що моделювання поведінки частинок за допомогою чисельних методів на основі C++ дозволяє детально досліджувати їх взаємодію в різних умовах, забезпечуючи високу точність результатів. А розроблені алгоритми можуть бути застосовані для вирішення практичних задач у науці та промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

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

2. Pasternak, V., Ruban A., Hurkalenko, V., Zhyhlo, A. (2023). Computer Simulation Modeling of an Inhomogeneous Medium with Ellipse-Shaped Irregular Elements. Defect and Diffusion Forum. 428. 37–45.

3. Pasternak, V., Ruban, A., Surianinov, M., Otrosh, Yu., Romin, A. (2022). Software Modeling Environment for Solving Problems of Structurally Inhomogeneous Materials. Materials Science Forum. 1068. 215–222.

4. Pasternak, V., Ruban, A., Zolotova, N., Suprun, O. (2023). Computer Modeling of Inhomogeneous Media Using the Abaqus Software Package. Defect and Diffusion Forum. 428. 47–56.

5. Pasternak, V., Ruban, A., Zemlianskyi, O., Ivanov, G. (2024). Using Various Methods of Imaging and Visualization for Studying Heterogeneous Structures at Micro- and Nanoscales. Materials Science Forum. 1126. 131–141.

6. Pasternak, V., Ruban, A., Holii, O., Vavreniuk, S. (2024). Mathematical Model of the Dynamics of Spherical Elements. Advances in Science and Technology. 156. 117–125.

7. Pasternak, V., Ruban, A., Horbachenko, Yu., Vavreniuk, S. (2024). Computer Modelling of the Process of Separation of Heterogeneous Elements (Spheres). Advances in Science and Technology. 156. 127–136.

8. Pasternak, V., Ruban, A., Bilotil, O., Karpova, D. (2024). Effective Application of Numerical Approaches and Green Functions for the Process of Modelling Spheres. Advances in Science and Technology. 156. 3–13.

9. Pasternak, V., Ruban, A., Chernenko, O., Nadon, O. (2024). Use of the Boundary Element Method for Solving Problems of Predicting the Regularities of Formation of the Structure of Non-Isometric Components. Advances in Science and Technology. 156. 15–25.

10. Pasternak, V., Ruban, A., Pasynchuk, K., Polyanskyi, P. (2024). Special Features of Using Mathematical Modeling for the Study of Tetrahedral Elements. Advances in Science and Technology. 156. 27–37.

УДК 614.8

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА КІЛЬКІСТЬ ПОЖЕЖНИХ КРАН-КОМПЛЕКТІВ

Петухова О.А., *к.т.н., доцент,*
Білаш Є.А.,
Швед А.В.
Національний університет цивільного захисту України

Пожежні кран-комплекти (ПКК) – основний елемент системи внутрішнього протипожежного водопостачання, який забезпечує безпосередньо подачу води в середині будівлі до осередку пожежі. Для ефективного гасіння пожеж за допомогою ПКК не достатньо їх наявності у будівлі. Важливими є багато факторів, які суттєво впливають на успішність використання ПКК. Статистика гасіння говорить за те, що ці системи є малоефективними та рідко залучаються на ліквідацію пожежі, але це лише тому, що не враховуються їх дійсні можливості.

Аналіз нормативних документів, що регламентують дії підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожежі показав, що у разі гасіння пожежі в будівлях підвищеної поверховості та висотних будинках при проведенні розвідки, крім виконання основного оперативного завдання, встановлюється:ступінь загрози людям, шляхи і способи їх рятування;можливість використання пожежних ліфтів, стаціонарних засобів гасіння, видалення диму, пожежних кранів-комплектів, підвищення тиску води в пожежних кран-комплектах тощо. До того ж під час гасіння пожежі в будівлях підвищеної поверховості та висотних будинках керівник гасіння пожежі зобов'язаний окрім виконання основних завдань та реалізації основних напрямків на пожежі, ще і використовувати для подачі вогнегасних речовин пожежні крани-комплекти та стаціонарні сухотруби. В багатьох випадках це є єдиною можливістю подавання вогнегасної речовини. Тому питання визначення факторів, що впливають на ефективність використання ПКК є актуальним.

Вибір характеристик ПКК регламентується нормами та залежить від типу будівлі та її пожежної небезпеки. Для різних за призначенням будівель це може бути ступінь вогнестійкості, категорія виробництва за вибухопожежною та пожежною небезпекою, характеристики будівлі за висотою, шириною та об'ємом, та ін. Діаметр ПКК може бути 50 мм, при нормативній витраті одного струменя 2,5 л/с, або 65 мм – при витраті 5 л/с. В залежності від прийнятого діаметра визначається діаметр рукава та діаметр насадка ствола, якими комплектуються ПКК. Жорстких вимог щодо вибору характеристик складових ПКК в нормах немає, але від того, що прийнято для встановлення, залежить кількість ПКК на одному поверсі [1], відповідно і кількість ПКК в будівлі, що в свою чергу впливає на надійність забезпечення подачі води в будівлю, а відповідно і до кожного ПКК - тобто приймається кількість введень та конфігурація магістрального трубопроводу. Важливою складовою кожної шафи ПКК є додатковий пожежний кран-комплект діаметром 25 мм, який складається з напівжорсткого рукава довжиною до 30 м, розпорошувача з перекривним пристроєм. Такі додаткові ПКК є вдалою альтернативою вогнегасникам за умовою можливого гасіння водою. Дослідження показали їх ефективність на ранніх стадіях розвитку пожежі.

Для визначення впливу характеристик складових ПКК на їх кількість були виконані 12 розрахунків кількості ПКК для 16-поверхової житлової будівлі. В кожному розрахунку змінювались характеристики складових ПКК від мінімальних значень (діаметр ПКК 50 мм, довжина рукава 10 м, діаметр насадка ствола 13 мм) до максимальних (діаметр ПКК 65 мм, довжина рукава 20 м, діаметр насадка ствола 19 мм) (рис. 1). Аналіз одержаних результатів показав:

– зміни діаметру ПКК не впливають на кількість ПКК (рис. 1 а),
– збільшення довжини рукава зменшує кількість ПКК (рис. 1 б),
– зменшення діаметру насадка ствола зменшує кількість ПКК (рис. 1 в).

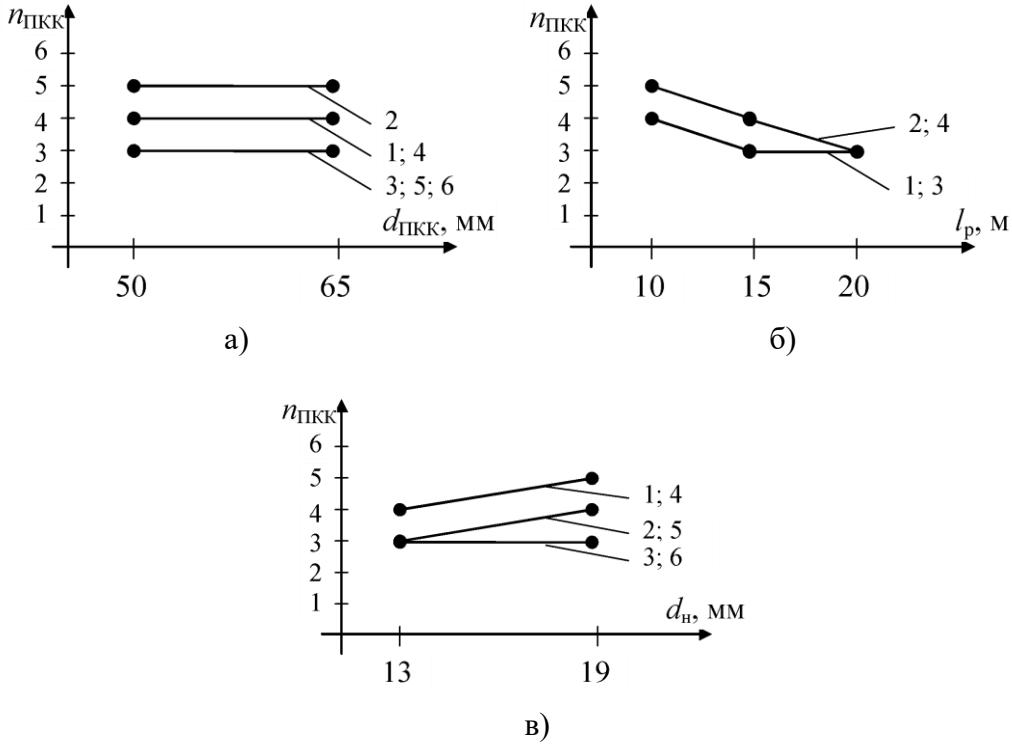


Рис. 1. Кількість ПКК $n_{ПКК}$ на одному поверсі при проведенні розрахунків для графіків 1–6 в залежності від: а) діаметра ПКК $d_н$; б) довжини рукава $l_р$; в) діаметра насадка ствола $d_н$.

При цьому було визначено, що мінімальна кількість ПКК для цієї будівлі дорівнює – 3, але в залежності від прийнятого обладнання розрахункові величини можуть мати значення:

– для ПКК діаметром 50 мм необхідний тиск на ПКК може змінюватись від 14,8 м до 20,6 м в залежності від довжини рукава та діаметра насадка ствола,

– для ПКК діаметром 65 мм – від 12,1 м до 20,1 м (залежно від довжини рукава та діаметра насадки ствола).

Таким чином, використання внутрішнього протипожежного водопроводу для гасіння пожеж в будівлях є доцільним. Основним фактором його ефективності є обґрунтоване визначання характеристик складових ПКК, що впливає на їх кількість та вибір інших елементів системи.

ЛІТЕРАТУРА

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

УДК 614.8

РОЗРОБКА УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ВИПРОБУВАНЬ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПОЛУМЕНЕВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЗАПАЛЮВАННЯ

Петухова О.А., *к.т.н., доцент,*
Бойко А.М.
Національний університет цивільного захисту України

Питання забезпечення пожежної безпеки для медичних закладів є надзвичайно актуальним, оскільки в них одночасно перебуває значна кількість людей з обмеженими можливостями щодо самостійної евакуації. Центр первинної медико-санітарної допомоги № 2 Оболонського району м. Києва, як і більшість подібних установ, потребує впровадження комплексних заходів щодо підвищення рівня протипожежного захисту. Особливе значення має використання якісних електроізоляційних матеріалів, стійких до займання.

Аналіз факторів, що впливають на пожежну безпеку медичних закладів, свідчить про необхідність застосування ефективних методів прийняття управлінських рішень. Як зазначають Левіна-Костюк М.О. та співавтори, «в умовах недостатньої інформації важливим є використання багатокритеріальних підходів до оцінки альтернатив» [1, с. 54]. Це особливо актуально при виборі електроізоляційних матеріалів, де кожен параметр має критичне значення для забезпечення безпеки.

За методикою колективного прийняття рішень, запропонованою Бондарчуком Н.В., «залучення експертів з різних галузей дозволяє знизити ризики прийняття суб'єктивних рішень» [2, с. 253]. Використовуючи цей підхід, було проведено експертне оцінювання різних типів електроізоляційних матеріалів за їх стійкістю до полуменевих джерел запалювання. Відповідно до логічно-формальних методів прийняття управлінських рішень, описаних Гасюком І.Л. та Іванієм О.М., «використання інтегральних показників дозволяє враховувати вплив різнорідних факторів на досліджуваний об'єкт» [3, с. 118]. Спираючись на цей підхід, було розроблено алгоритм прийняття управлінських рішень щодо вибору оптимальних електроізоляційних матеріалів для Центру первинної медико-санітарної допомоги № 2 Оболонського району м. Києва.

Випробування на займистість передбачає вимірювання температури, теплового потоку, швидкості втрати маси під час горіння, тиску, швидкості, потоку, щільності диму з використанням ослаблення світла та концентрації речовин у газах, що утворюються при пожежі, за допомогою газоаналізаторів.

Пожежна безпека лікарень залежить від стратегічної комбінації інфраструктури, обладнання та навчання. Ось кілька основних вказівок, яких слід дотримуватися:

1. Дотримання національних і місцевих протипожежних правил: усі об'єкти повинні суворо дотримуватись місцевих правил пожежної безпеки.
2. Проектування інфраструктури: лікарні слід проектувати або модернізувати з урахуванням вогнестійкості. Це включає використання вогнестійких матеріалів у будівництві, створення протипожежних відсіків для обмеження поширення вогню та забезпечення вільних, безперешкодних шляхів виходу для евакуації.
3. Технічне обслуговування систем протипожежного захисту: регулярне технічне обслуговування та перевірка протипожежного обладнання, такого як пожежна сигналізація, спринклери та димові завіси, має вирішальне значення.
4. Навчання та освіта: весь персонал повинен брати участь у періодичному навчанні з пожежної безпеки. Це включає в себе розуміння протоколів евакуації,

використання протипожежного спорядження та розпізнавання потенційної небезпеки пожежі.

5. Протипожежні тренування: проведення регулярних протипожежних тренувань допомагає визначити можливі точки скупчення людей під час процедур евакуації, оцінити ефективність навчання пожежній безпеці та забезпечити ознайомлення персоналу з планом реагування на надзвичайні ситуації.

6. Системи аварійного живлення: лікарням потрібна надійна система аварійного електропостачання (EPSS), щоб забезпечити безперервну роботу медичного обладнання, що рятує життя, у разі пожежі.

Запропоновані управлінські рішення дозволяють підвищити рівень пожежної безпеки в медичному закладі з урахуванням специфічних ризиків, що характерні для подібних установ. Впровадження розроблених рекомендацій дозволить не лише забезпечити відповідність нормативним вимогам, але й суттєво знизити ризик виникнення та поширення пожеж від електричних джерел запалювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Левіна-Костюк М.О., Мельничук О.І., Телічко Н.О. Методи прийняття управлінських рішень в умовах недостатньої інформації. Економіка та суспільство, 2022. Вип. 43. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-40 (дата звернення: 10.08.2024).

2. Бондарчук Н.В. Колективні методи прийняття управлінських рішень, як інструмент підвищення ефективності управління. Актуальні проблеми розвитку економіки регіону, 2021. Вип 17, Т. 2. С. 251–259.

3. Гасюк І.Л., Іваній О.М. Логічно-формальні та критеріальні методи прийняття управлінських рішень в публічному управлінні. Наукові перспективи, 2024. № 8 (50). С. 112–122.

4. Бреус С.В., Семченко Є.О. Методи та моделі прийняття управлінських рішень. Інфраструктура ринку, 2018. Вип. 24. С. 117–122. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2018/24_2018_ukr/22.pdf (дата звернення: 10.08.2024).

УДК 614.8

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА МІСЦІ ПОЖЕЖІ

Підкопай М.Ю.,
Підкопай К.Ю.,
Андрєєва Л.І.
Національний університет цивільного захисту України

Внаслідок горіння матеріали, що знаходяться в певній області, зазнають пошкоджень. У зоні початкового займання (осередку пожежі) ці пошкодження є більш значними через триваліший вплив високої температури. Особливо чітко сліди осередку пожежі проявляються при нерозвиненій пожежі. На режим горіння значний вплив мають обмежений повітрообмін, низька потужність джерела займання та властивості матеріалів [1].

Для більш точного визначення осередку пожежі методом зовнішнього огляду, ключовим критерієм є аналіз ступеня термічних пошкоджень матеріалів і конструкцій з деревини. Ознаки термічних пошкоджень є індивідуальними для кожного типу матеріалу, тому критерії їх оцінки також варіюються. Найпоширенішими критеріями при зовнішньому огляді є деформація, руйнування, часткове знищення та зміни кольору.

Ступінь термічних пошкоджень на твердих органічних матеріалах оцінюється за значеннями таких параметрів, як глибина обвуглювання, текстура (щільність, пористість) та будова вугілля.

Методи оцінки ступеня термічних пошкоджень за допомогою технічних засобів дають змогу більш точно аналізувати та порівнювати між собою однотипні матеріали після пожежі, що усуває суб'єктивність, характерну для візуального огляду. Варто зазначити, що інструментальні методи зазвичай є більш чутливими до внутрішніх змін у матеріалах, які можуть залишатися непомітними під час візуальної оцінки.

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

а) обрати фізичну характеристику, яка змінюється під впливом температури. Залежність цієї характеристики від температури має відповідати діапазону, характерному для режиму горіння;

б) застосувати інструментальний метод та відповідний засіб для його реалізації, які дозволяють кількісно визначити обрану характеристику матеріалу і диференціювати ступінь пошкоджень внаслідок впливу небезпечного чинника пожежі різної інтенсивності та тривалості.

На сьогодні для дослідження речовин і матеріалів різного походження після пожежі використовуються інструментальні методи, такі як спектральний аналіз, хроматографія та металографія, а також методи вимірювання фізичних властивостей матеріалів. Єдиним універсальним методом, що застосовується безпосередньо на місці пожежі, є візуальний огляд, який базується на оцінці зовнішніх змін матеріалу. Однак цей метод має низку недоліків, зокрема залежність від світлових ілюзій, умов освітлення, кута падіння світла та індивідуальної чутливості зору спостерігача.

Інструментальне дослідження матеріалів після пожежі проводиться в кілька етапів:

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 першому етапі відбувається візуальне дослідження конструкцій, які збереглися на місці пожежі. Для цього, виходячи з зовнішніх візуальних ознак, визначається матеріал, з якого виготовлений конструктивний елемент. Оцінюється стан поверхні об'єкта дослідження, а також придатність для проведення інструментального дослідження. 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 контролю термічних ушкоджень речовин і матеріалів проводяться вимірювання колірних характеристик об'єкта. Сам прилад забезпечує вимірювання оптичних властивостей матеріалу при визначенні його колірних характеристик для аналізу ступеня його пошкодження на місці пожежі. За допомогою пропонованого приладу вимірюються колірні характеристики (RGB) об'єкту, підданого температурному впливу внаслідок пожежі. Дані показання (модуль RGB, що обчислюється) вектора та інтенсивність відбитого кольору порівнюються з показаннями такого ж матеріалу, який не підданий тепловій дії, а також раніше підданим в лабораторних умовах, певному для кожного виду матеріалу, тепловому впливу при різних режимах температури і тривалості нагріву. На підставі різниці в значеннях колірних характеристик робиться висновок щодо режимів теплового впливу на матеріал, який дозволяє встановити місце початкового виникнення горіння (осередка пожежі). Фізико-хімічні процеси, що відбуваються у матеріалі при впливі тепла пожежі, можуть характеризуватися зміною колірних характеристик поверхні матеріалу. При цьому прилад є портативним і універсальним, що досягається за рахунок компактних розмірів, єдиною вимірювальною камерою і можливістю дослідження різних типів і розмірів матеріалів і конструкцій.

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

Такий спосіб контролю ступеня термічних пошкоджень відрізняється тим, що як об'єкти дослідження виступають матеріали, які під впливом температури змінюють свої колірні характеристики. Спосіб є універсальним в частині застосування для більшості матеріалів, які зустрічаються на пожежі. Спосіб дозволяє оцінити температуру впливу на матеріали в межах, характерних для фізичних змін конкретного досліджуваного об'єкта, і може перебувати в температурному інтервалі пожежі. Вогнищеву зону та шляхи поширення пожежі виявляють за аналізом колірних характеристик поверхні матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рудаков С.В., Коваленко В.М. Метод контролю ступеня термічних ушкоджень матеріалів на місці пожежі шляхом вимірювання колірних характеристик. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах» ХНАДУ, 2024. С. 69–73.

УДК 614.8

МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА САМОЗАЙМАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

***Посохов І.В.*[1],**
***Запольский С.О.*[2],**
Рашкевич Н.В.*[2], *Ph.D
[1]ГУ ДСНС України у Харківській області,
[2]Національний університет цивільного захисту України

Самозаймання органічних відходів є складним фізико-хімічним процесом, що залежить від багатьох факторів, таких як температура, вологість, доступ кисню, теплопровідність таморфологічний склад. У воєнний час, коли відсутній належний контроль за умовами зберігання відходів, ці фактори можуть створювати неконтрольовані ситуації. Особливо це стосується сільськогосподарських залишків, харчових та побутових відходів, які зазвичай накопичуються у великих обсягах без відповідних заходів безпеки.

Важливість дослідження методів вивчення фізико-хімічних процесів, що впливають на самозаймання органіки, полягає в можливості виявлення критичних умов, які сприяють тепловиділенню, локальному нагріванню і потенційному займання [1–3]. Це дозволить розробити практичні рекомендації щодо запобігання ризикам пожеж та мінімізації наслідків у разі їх виникнення.

Лабораторні дослідження дозволяють створювати контрольовані умови для вивчення специфічних реакцій та явищ [4]. Одним із основних підходів є використання калориметрії для вимірювання тепловиділення під час біологічного та хімічного розкладу органічних матеріалів.

Термогравіметричний аналіз застосовується для визначення втрати маси зразка залежно від температури, що дозволяє отримати інформацію про термічну стійкість матеріалів і характер їхнього розкладу. Цей метод допомагає зрозуміти, за яких температур відбувається активна деградація органіки та які речовини вивільняються під час цього процесу.

Лабораторні експерименти також включають аналіз кінетики тепловиділення, що дозволяє оцінити вплив таких параметрів, як вологість, щільність і доступ кисню, на інтенсивність реакцій.

Газова хроматографія є одним із найбільш використовуваних методів для аналізу летких органічних сполук [5, 6].

Мас-спектрометрія використовується для ідентифікації газів та інших летких сполук за їхньою масою. Це дозволяє не тільки визначати склад, але й встановлювати механізми утворення газів, аналізуючи реакції, які відбуваються в різних температурних умовах.

Моделювання теплових процесів дозволяє прогнозувати розподіл температури, динаміку тепловиділення та умови, які сприяють розвитку небезпечних процесів у масі відходів.

Основою теплового моделювання є рівняння теплопереносу, яке описує розподіл температури залежно від часу та просторових координат. Ураховуються такі фактори, як теплопровідність матеріалу, теплоємність, густина та наявність теплових джерел, що виникають через біологічну активність або хімічні реакції.

Сучасні підходи до моделювання теплових процесів ґрунтуються на методі скінченних елементів. Такі моделі реалізуються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення(COMSOL Multiphysics, ANSYS Fluent або MATLAB).

Результати моделювання дозволяють визначити критичні параметри, за яких відбувається самозаймання, такі як максимальна температура, концентрація кисню або критична вологість.

Одним з основних методів польових досліджень є моніторинг температури у масі відходів. Це здійснюється за допомогою датчиків, які дозволяють фіксувати динаміку зміни температурних значень у різних точках [1, 2].

Також у польових дослідженнях широко використовується газовий моніторинг. Спеціальні прилади дозволяють визначати концентрації газів, таких як метан (CH_4), вуглекислий газ (CO_2), аміак (NH_3) і чадний газ (CO), що виділяються з органічних відходів [6]. Вивчення цих газів дозволяє краще зрозуміти механізми їх утворення та оцінити ризики самозаймання.

Важливим елементом польових досліджень є тепловізійна діагностика [2]. Вона дозволяє виявляти гарячі точки в масі відходів, де температури можуть досягати критичних значень. Це допомагає вчасно виявити небезпечні ділянки.

Мікробіологічні дослідження дозволяють оцінити склад мікробіологічної флори, її активність та вплив на хімічні та теплові процеси, що відбуваються в масі відходів. Основна мета – визначення ролі мікроорганізмів у біологічному розкладі органіки, а також їхнього впливу на утворення тепла та газів.

Під час мікробіологічних досліджень використовуються різноманітні методи, такі як культивування мікроорганізмів на спеціальних середовищах, аналіз ДНК-методів для визначення мікробіологічного складу, а також використання мікроскопії для ідентифікації та вивчення морфологічних особливостей мікроорганізмів.

Комплексне використання цих методів дозволяє створити багатогранне уявлення про фізико-хімічні процеси у відходах, а також розробляти науково обґрунтовані заходи для запобігання ризикам самозаймання та забезпечення ефективного управління відходами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н.В. Аналіз ефективності застосування способів запобігання надзвичайних ситуацій на полігонах депонування відходів. Вісник НТУ «ХПІ». 2017. №33(1255). С. 121–126.

2. Патент на корисну модель № 128973 U, Україна, МПК (2018.01) A62C 3/02, G01V 3/16 (2006/01), G01V 8/00. Спосіб виявлення пожеж на полігонах твердих побутових відходів / Вамболь С.О., Вамболь В.В., Резніченко Г.М., Кондратенко О.М., Колосков В.Ю., Рашкевич Н.В.; власник: НУЦЗ України. - № 201805655; завл. 21.05.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19.

3. Рашкевич Н.В., Черепньов І.А., Ковальов І.О. Спосіб виявлення пожеж на території полігону твердих побутових відходів. Інженерія природокористування. 2019. № 3 (13). С. 102–109.

4. Rashkevich, N., Strelec, V., Shcherbak, S., Yeremenko, S. (2021). Development of Tools (Laboratory Facilities) for Researching the Effect of Physical Properties of Landfill Soilson Slope Stability. Materials Science and Engineering. 1164. 012063. DOI:10.1088/1757-899X/1164/1/012063.

5. Рашкевич Н.В. Исследование состава продуктов горения синтетического волокна. East journal of security studies. 2017. Том. 1. С. 194–201.

6. Рашкевич Н.В., Цитлішвілі К.О. Дослідження небезпеки продуктів розкладання в місцях депонування твердих побутових відходів. Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. Вип. №3/2018(110). С. 97–102.

УДК 621.03

ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВНАСЛІДОК ПОЖЕЖ НА ОСНОВІ СЕРЕДНЬОЇ БІКОГЕРЕНТНОСТІ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА

***Поспєлов Б.Б.*[1]**, *д.т.н., професор,*
***Рибка Є.О.*[1]**, *д.т.н., професор,*
***Побідаш А.Ю.*[1]**, *к.психол.н., с.н.с.,*
***Маладика Л.В.*[1]**, *к.пед.н., доцент,*
***Веретеннікова Ю.А.*[2]**
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова*

В умовах постійного посилення різних загроз важливою проблемою є забезпечення стійкого функціонування різних типів об’єктів [1]. Особливе це стосується об’єктів критичної інфраструктури, які виступають потенційними джерелами виникнення різноманітних надзвичайних ситуацій [2]. Зазвичай надзвичайні ситуації прийнято оцінювати рівнем завданих збитків та частотою виникнення. З огляду на це максимальна частота виникнення та рівень збитків відповідає надзвичайним ситуаціям унаслідок пожеж у приміщеннях (ПП) об’єктів [3]. При цьому світова тенденція загального зростання частоти ПП та рівня збитків свідчать про те, що сучасні технології захисту від ПП не повністю вирішують проблему забезпечення стійкого функціонування об’єктів, шляхом їх захисту від ПП [4]. Саме тому одним із важливих напрямів забезпечення стійкого функціонування об’єктів слід вважати підвищення рівня їх захисту від ПП. Оскільки джерелом будь-якого ПП є загоряння, забезпечення стійкого функціонування об’єктів зводиться до раннього виявлення загорянь у приміщеннях об’єктів та недопущення виникнення надзвичайних ситуацій внаслідок пожеж зі збитками. Це обумовлює актуальність проблеми раннього виявлення загорянь (ВЗ) у приміщеннях об’єктів.

Сучасні технології захисту ПП засновуються на використанні різних фізичних явищ, зумовлених процесом передачі генерованих осередком загоряння небезпечних параметрів до газового середовища приміщень [5, 6]. При цьому відомі технології засновані переважно на лінійних механізмах передавання. Однак в реальних умовах механізми не є лінійними та характеризуються значним різноманіттям, оскільки обумовлюється молекулярними механізмами на макроскопічному рівнях, які є більш складними, нелінійними та переважно прихованими. Особливо це стосується раннього етапу виявлення загоряння [7, 8]. Це обумовлює необхідність застосування для раннього виявлення загоряння арсеналу нелінійного інструментарію [9]. Одним з таких інструментів є бікогерентність нелінійних фізичних явищ, що обумовлюються вогнищем [10]. Тому метою дослідження було запобігання виникненню надзвичайних ситуацій внаслідок пожеж у приміщеннях на основі використання особливостей середньої бікогерентності небезпечних параметрів газового середовища, обумовлених вогнищем загоряння. При цьому об’єктом дослідження була середня бікогерентність небезпечних параметрів газового середовища при загораннях матеріалів у приміщеннях. Предметом дослідження – визначення міри середньої бікогерентності динаміки небезпечних параметрів газового середовища для раннього виявлення загорянь та запобігання виникненню надзвичайних ситуацій унаслідок пожеж.

За результатами дослідження теоретично обґрунтовано міру середньої бікогерентності довільних небезпечних параметрів газового середовища на довільному обмеженому часовому інтервалі. Запропонована міра на відміну від відомих враховує

вклад у бікогерентність для кожної частоти усіх частотних складових спектру. Експериментально досліджено особливості міри середньої бікогерентності частотних складових спектра основних небезпечних параметрів газового середовища в модельній камері на інтервалах достовірної відсутності та наявності загоряння типових матеріалів загоряння. Встановлено, що різниця міри середньої бікогерентності частотних складових спектру небезпечних параметрів газового середовища при достовірній появі та відсутності загорянь має неоднаковий та індивідуальний характер. Виявлено, що максимальне значення міри, що дорівнює 1,0, для усіх частотних індексів має місце перед загоранням спирту та паперу. Перед загоранням деревини та текстилю значення міри за частотними індексами мають випадковий характер та лежать в межах від 0,4 до 0,8. Встановлено, що загоряння матеріалів призводять до втрати початкових взаємозв'язків третього порядку між частотними складовими у спектрах, яка вимірюється мірою середньої бікогерентності. Цей факт дозволяє виявляти появу загорянь шляхом контролю запропонованої міри середньої бікогерентності небезпечних параметрів газового середовища приміщень у реальному часі. Експериментально доведено, що запропонована міра середньої бікогерентності небезпечних параметрів газового середовища дозволяє ефективно здійснювати раннє виявлення загорянь у різноманітних типах приміщень об'єктів та забезпечувати тим самим запобігання виникненню надзвичайних ситуацій унаслідок пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vambol, S., Vambol, V., Suchikova, Y., Deyneko, N. (2017). Analysis of the ways to provide ecological safety for the products of nanotechnologies throughout their life cycle. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 1/10(85). 27–36.

2. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Semkiv, O. (2018). Development of the method of frequencytemporal representation of fluctuations of gaseous medium parameters at fire. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2/10 (92). 44–49.

3. Otrosh, Y., Rybka, Y., Danilin, O., Zhuravskyi, M. (2019). Assessment of the technical state and the possibility of its control for the further safe operation of building structures of mining facilities. E3S Web of Conferences. 123. 01012.

4. World Fire Statistics. Center for Fire Statistics of CTIF. 2022. 27. 65.

5. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V. (2018). Conceptual approaches for development of informational and analytical expert system for assessing the NPP impact on the environment. Nuclear and Radiation Safety. 3(79). 56–65.

6. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Semkiv, O. (2018). Development of the method of frequencytemporal representation of fluctuations of gaseous medium parameters at fire. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2/10 (92). 44–49.

7. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I. (2017). Numerical simulation of the creation of a fire fighting barrier using an explosion of a combustible charge. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 6/10(90). 11–16.

8. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach V., Artemchuk, V., Taraduda, D., Sobyna, V., Sokolov, D., Dement, M. (2019). Physical features of pollutants spread in the air during the emergency at NPPs. Nuclear and Radiation Safety. 4/84. 11.

9. 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.

10. Chua, K.C., Chandran, V., Acharya, U.R., Lim, C.M. (2008). Cardiac state diagnosis using higher order spectra of heart rate variability. J. Med. Eng. Technol. 32. 145–155.

УДК 621.03.9

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ПІД ЧАС ВІЙСЬКОВИХ КОНФЛІКТІВ

Рашкевич Н.В., *PhD*
Національний університет цивільного захисту України

Військові конфлікти спричиняють значні техногенні навантаження на навколишнє середовище, зокрема на ґрунти та водні ресурси. Інтенсивне використання вибухових речовин, боєприпасів, важкої техніки, руйнування промислових і цивільних об’єктів призводять до потрапляння у довкілля токсичних металів, залишків вибухових речовин та хімічних сполук. Це створює довгострокові екологічні ризики, що ускладнюють відновлення постраждалих територій, особливо у зонах бойових дій. Визначення основних джерел забруднення ґрунтів та водних ресурсів є одним із напрямів оцінки наслідків військових дій для розробки ефективних методів очищення та попередження надзвичайних ситуацій (НС).

У статті [1] проаналізовано сучасний стан попередження НС, пов’язаних із забрудненням ґрунтових вод, у [2] розглянуто особливості екологічної ситуації на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Дослідники відзначають, що під час військових конфліктів головними джерелами забруднення є розливи нафтопродуктів, важкі метали та токсичні сполуки з боєприпасів.

Формування математичних моделей аналізу небезпечного впливу на стан ґрунтових вод досліджено у статті [3]. Автори розглядають процеси міграції забруднювачів через водоносні горизонти та пропонують алгоритми прогнозування рівня забруднення.

Аспекти інформаційно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень, досліджено у роботі [4]. Зокрема, наголошено на необхідності оперативного моніторингу стану ґрунтів і водних ресурсів.

У матеріалах міжнародних конференцій [5, 6] розглянуто важливість оцінки забруднення ґрунтів для подальшого відновлення постраждалих територій, а також пріоритети безпеки водопостачання в умовах воєнного стану.

Дослідження [7] зосереджене на процедурах оптимізації відбору проб ґрунту, що є одним із основних етапів у визначенні джерел забруднення. Подібні аспекти розглядаються в роботах [8, 9], де акцент робиться на методах дослідження стану ґрунтів у контексті цивільного захисту.

Одним із перспективних методів оцінки рівня забруднення ґрунтових вод та ґрунтів у районах військових конфліктів є кондуктометрія – метод визначення електропровідності водних витягів із зразків ґрунту. Даний підхід дозволяє оперативно ідентифікувати наявність іонних забруднень, що можуть свідчити про проникнення у довкілля токсичних сполук, зокрема важких металів, залишків вибухових речовин, хімічних компонентів боєприпасів.

Дослідження, проведені на основі кондуктометричних вимірювань, показали:

– значне підвищення електропровідності у зразках ґрунтових вод, відібраних поблизу зруйнованих військових об’єктів, що свідчить про накопичення іонних забруднень, зокрема нітратів, сульфатів, хлоридів;

– виявлення важких металів у вигляді розчинних солей, що впливають на екотоксичність середовища;

– порівняльний аналіз забруднення різних ділянок вказав на різний ступінь техногенного навантаження: зони активних бойових дій мали вищі показники електропровідності порівняно з контрольними територіями;

– кондуктометрія – ефективний метод для попередньої експрес-оцінки рівня забруднення, що дозволяє швидко ідентифікувати небезпечні зони для подальших детальніших хімічних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н.В., Мирошник О.М., Шевченко Р.І. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій пов'язаних з небезпекою грунтових 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, вип. 178. С. 232–251. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251

3. Рашкевич Н.В., Шевченко Р.І., Вовчук Т.С. Формування математичної моделі аналізу небезпечного впливу на стан ґрунтових вод міських агломерацій від ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст, 2024. Том 1, вип. 182. С. 229–240. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-229-240

4. Рашкевич Н.В., Шевченко Р.І., Нешпор О.В. Формування алгоритму інформаційно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст, 2024. Том 3, вип. 184. С. 223–228. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-3-184-223-228.

5. Рашкевич Н.В. Питання актуальності визначення небезпеки ґрунтів для потреб відновлювання уражених територій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 118–119.

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 р. С. 522–523.

7. Рашкевич Н.В., Шевченко Р.І., Ребров О.В. Обґрунтування процедур з оптимізації відбору проб ґрунту з метою попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 93–94.

8. Бондоренко А.Ю., Рашкевич Н.В., Шевченко Р.І. Методи дослідження стану ґрунтів в контексті вирішення задач цивільного захисту територіальних громад. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, ад'юнктів (аспірантів) «Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених» Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля, 16 травня 2024 р. С. 12–14.

9. Рашкевич Н.В. Опис етапів попередження поширення небезпеки на територіях, що зазнали впливу бойових дій. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 69–70.

УДК 351.862

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПОРЯДКУ ЗДІЙСНЕННЯ НАВЧАННЯ НАСЕЛЕННЯ ДІЯМ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Ринда Д.Д.,
Назаренко С.Ю., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Надзвичайні ситуації (НС) різного характеру, зокрема техногенні, природні, соціальні та воєнні, потребують високого рівня підготовки населення до ефективних дій у кризових умовах. В Україні питання цивільного захисту регламентується низкою нормативно-правових актів, однак існує необхідність вдосконалення системи навчання громадян у цій сфері [1–3].

Сучасні виклики, зокрема зростання кількості природних катаклізмів, загроз техногенного характеру та військових конфліктів, вимагають підвищення рівня обізнаності та підготовленості населення до можливих кризових ситуацій. Відсутність належного рівня знань і практичних навичок щодо дій у НС може призвести до значних людських жертв і матеріальних втрат [4]. Тому актуальним є розроблення ефективних механізмів навчання, які б забезпечували оперативність реагування, правильність ухвалення рішень та зниження негативних наслідків надзвичайних ситуацій.

Дана робота спрямована на аналіз існуючих проблем у сфері навчання населення діям у НС, виявлення основних недоліків сучасної системи підготовки та розробку пропозицій щодо її вдосконалення.

1. Проблеми сучасної системи навчання населення діям у НС.

Основними проблемами навчального процесу є:

- Недостатня поінформованість громадян про алгоритми дій у НС.
- Відсутність систематичного навчання на рівні освітніх закладів та підприємств.
- Обмеженість ресурсів для проведення тренувань і практичних занять.
- Недостатня інтеграція сучасних технологій у навчальний процес.

2. Запропоновані заходи з удосконалення системи навчання

Для підвищення ефективності навчання населення щодо дій у НС доцільно:

- Впровадити обов’язкове навчання основам цивільного захисту на рівні загальної середньої освіти та вищих навчальних закладів.
- Організувати спеціалізовані курси та тренінги для громадян, зокрема онлайн-формати.
- Створити інтерактивні навчальні платформи та мобільні застосунки для відпрацювання алгоритмів поведінки у НС.
- Встановити регулярні практичні навчання та симуляційні вправи з відповідними службами.
- Розширити інформаційно-просвітницьку кампанію через засоби масової інформації та соціальні мережі.

3. Практичне значення дослідження

Реалізація запропонованих заходів сприятиме:

Підвищенню загального рівня обізнаності громадян щодо правил поведінки в НС.

Формуванню культури безпеки в суспільстві.

Зниженню рівня травматизму та смертності у випадку надзвичайних ситуацій.

Підвищенню готовності державних установ та громадських організацій до роботи в умовах кризових ситуацій.

Впровадженню інноваційних технологій та цифрових рішень у процес навчання населення.

Покращенню координації між населенням та службами екстреного реагування, що сприятиме швидкому та ефективному реагуванню на надзвичайні ситуації.

Розширенню міжнародної співпраці у сфері цивільного захисту шляхом обміну досвідом та запозичення найкращих світових практик навчання населення діям у кризових умовах [5]. Удосконалення системи навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях є важливим напрямом державної політики у сфері безпеки. Запровадження комплексного підходу до навчання з використанням сучасних технологій дозволить значно підвищити ефективність підготовки громадян.

Запропоновані заходи, такі як інтеграція навчання до шкільної та університетської програм, розширення онлайн-форматів та використання інтерактивних платформ, дозволять зробити процес навчання більш доступним та ефективним [6]. Регулярне проведення тренувань, симуляційних вправ та співпраця з державними органами та громадськими організаціями сприятимуть формуванню комплексного підходу до підготовки населення.

Важливо також враховувати досвід інших країн у сфері цивільного захисту, адаптуючи найкращі практики до національних реалій [7, 8]. Інформаційно-просвітницькі кампанії через соціальні мережі та засоби масової інформації можуть значно підвищити рівень обізнаності громадян щодо можливих загроз та алгоритмів реагування.

Таким чином, удосконалення механізмів навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях сприятиме підвищенню безпеки суспільства, зниженню ризиків та мінімізації негативних наслідків кризових ситуацій. Подальші дослідження у цій сфері можуть бути спрямовані на розробку більш деталізованих методик навчання та оцінку ефективності запропонованих заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України Про цивільний захист населення від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17

2. Постанова Кабінету Міністрів України Про затвердження Порядку підготовки населення до дій у надзвичайних ситуаціях від 26.06.2013 № 444. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/444-2013-п

3. Кодекс цивільного захисту України. Рішення ВР від 02.10.2012. № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text

4. Методичні рекомендації щодо організації навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях / ДСНС України, 2020. URL: https://dsns.gov.ua/files/

5. Процик Л.А. Організація підготовки населення до дій у надзвичайних ситуаціях. Київ: Освіта України, 2021. 220 с.

6. Ковальчук В.М., Ткаченко П.О. Використання сучасних технологій у навчанні населення основам цивільного захисту. Науковий журнал «Безпека життєдіяльності», 2022. № 3. С. 45–52.

7. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Public Awareness and Public Education for Disaster Risk Reduction: Key Messages. UNDRR, 2017.

8. Federal Emergency Management Agency (FEMA). Emergency Preparedness Guide. Washington, D.C.: FEMA, 2020.

УДК 614.8

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ФРАКЦІЙ ВОГНЕГАСЯЧОГО ПОРОШКУ В НЕСТАЦІОНАРНОМУ ГАЗОВОМУ ПОТОЦІ

***Рудаков С.В.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Гармаш О.М.*[2]**,
***Коновал В.М.*[3]**, *д.т.н., доцент*
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*Міжрегіональний центр швидкого реагування ДСНС України,*
[3]*Черкаський державний технологічний університет*

Характеристики вогнегасячого порошку, що визначаються його фізико-хімічними властивостями, умовно можна розділити на дві половини:

– експлуатаційні (схильність до злежування, схильність до волого поглинання, здатність до водовідштовхування, термін зберігання та ін.), що забезпечують незмінність властивостей порошку протягом терміну зберігання;

– кінематичні (площа окремої частинки, включно з фракційним складом і уявною густиною порошку), оскільки вони визначають рух частинок у газопорошковому потоці.

У цьому дослідженні увагу акцентовано на характеристиках другої половини. У результаті аналізу опублікованих праць вітчизняних і зарубіжних авторів щодо властивостей вогнегасних порошків виявлено недостатньо вивчені питання, розв’язання яких можуть бути використані для досягнення мети дослідження.

Встановлено, що гігроскопічність, ефективність диспергування і гідрофобізації фосфатів амонію значною мірою залежать від складу домішок, які містяться в них. Переважно застосування негорючої основи, яка не містить сполук фториду амонію і фосфату магнію. Визначено, що за температури полум’я понад 700 °С охолоджувальна дія вогнегасного порошку переважає в початковий момент часу, а далі гасіння пожежі зумовлене утворенням поліфосфатного сплаву на поверхні речовини, що горить. Хімічний склад порошку визначає тепловий ефект розкладання його частинок. Встановлено, що розкладання композиційної основи моноамонійфосфату супроводжується поглинанням більшої кількості енергії (на 17 %), ніж у разі використання амофосу. Виявлено синергічну дію компонентів вогнегасячого порошка на величину ендотермічного ефекту його розкладання. Різниця ентальпій порівняно із сумарним значенням енергій термічного розкладання кожного компонента становить 30 %. Слід зазначити, що в роботах недостатньо досліджено значущість гранулометричних характеристик порошків для гасіння пожежі.

Порошок являє собою дисперсну систему, що складається з газоподібного дисперсного середовища і твердої дисперсної фази. Дисперсність може бути виражена або функцією розподілу частинок за крупністю, або деякою величиною крупності, середньою для всіх частинок, або величиною питомої поверхні порошку. Вогнегасна здатність порошків загального призначення залежить не тільки від хімічної природи порошків, а й ступеня їхнього подрібнення [1]. Однак можливість подачі дуже дрібних порошків у зону горіння ускладнена, тому промислові вогнегасні порошки загального призначення містять фракцію 40–80 мкм, що забезпечує доставку дрібних фракцій у зону горіння.

Для забезпечення підвищення ефективності гасіння пожеж на підприємствах нафтогазової галузі необхідно розробити методику оцінювання впливу дисперсного складу вогнегасячого порошку на ефективність гасіння нафтопродуктів, які горять, шляхом розв’язання таких підзадач:

– встановити закономірності розподілу фракцій вогнегасного порошку в перерізах нестаціонарного газового потоку;

– визначити переважний механізм гасіння рідких вуглеводнів залежно від способу подачі порошкового складу;

– експериментально оцінити вогнегасний ефект порошкового складу в поперечних перерізах нестаціонарного газопорошкового потоку;

– розробити пристрій для регулювання розподілу фракцій порошку в нестаціонарному газовому потоці; розробити комплексний показник оцінки вогнегасного ефекту газопорошкового струменя стосовно гасіння палаючих нафтопродуктів.

Оцінка статистичної значущості результатів показує, що найбільший вплив форма насадки має для великої фракції.

Для середньої фракції вплив насадки простежується в основному в центральній області. Для дрібної фракції вплив насадки зменшується зі збільшенням відстані від вогнегасника, тому що незначна концентрація частинок на дистанції 1000 мм і більше не дає змоги простежити відмінності форми поперечного перерізу потоку під час подавання через різні насадки. Слід зазначити, що в нормативних документах відсутні вимоги до насадок на порошкові вогнегасники. При цьому результати цієї роботи показують можливість регулювання форми газопорошкового потоку і розподілу в ньому різних фракцій порошку за допомогою застосування насадки, що може позначитися на ефекті гасіння порошковим вогнегасником. Таким чином, встановлено, що застосування щілинних насадок (вертикальної та горизонтальної орієнтацій), збільшує площу поперечного перерізу потоку, водночас на 20 % скорочує дальність доставки середньої та дрібної фракції, що видно за областями концентрацій на мішенях перерізів. При цьому зі збільшенням відстані від вогнегасника до мішені вплив форми насадка знижується. Статистична значущість результатів, оцінена за критерієм Фішера, зумовлює необхідність проведення експерименту з визначення впливу насадки на ефект гасіння пожежі з метою встановлення доцільності їх використання.

Таким чином, під час використання нарізної насадки формується компактніший газопорошковий потік (з меншою площею поперечного перерізу), який водночас має більшу дальність польоту струменя; та найбільшу відмінність під час подавання порошку з нарізною насадкою і за її відсутності можна спостерігати на відстані 3 м - у першому випадку загасили втричі більше вогнищ (12 проти 4 під час подавання без насадки).

На підставі того, що під час проходження газопорошкового потоку через зону горіння паралельно до поверхні горючої рідини найбільший внесок у гасіння вносить ефект зриву полум’я, можна припустити, що різниця в кількості загашених осередків виникає через більшу швидкість потоку під час застосування насадки, у разі використання нарізної насадки на відеозаписі видно закручування потоку під час його руху до осередку пожежі; у разі застосування нарізної насадки довжиною 100 мм швидкість потоку вища, ніж у разі використання коротших насадок; зі зменшенням насипної щільності порошку (тобто зі збільшенням частки крупних фракцій) зростає компактність і ефективна дальність струменя.

Отримані результати створюють основу для вдосконалення методики визначення вогнегасної здатності порошкових складів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Степанко А.С., Отрош Ю.А., Кукузенко А.М., Рашкевич О.С., Рашкевич Н.В., Augusto Gerolin Пожежна небезпека теплоізоляційних вогнезахисних матеріалів: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2022» («Fire Safety Issues 2022»). м. Харків: НУЦЗУ, 12.10.2022 р. С. 130–132.

УДК 614.8

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ПОЖЕЖ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА АВТОСТОЯНКАХ ЗАКРИТОГО ТИПУ

***Рудаков С.В.*[1]**, *к.т.н., доцент*,
***Гасан Г.І.*[2]**,
***Мамонтов І.В.*,** *к.юрид.н., доцент*
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*ГУ ДСНС України у Харківській області,*
[3]*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Автостоянки закритого типу є широко поширеними елементами міської інфраструктури та забезпечують нормальне функціонування сучасних транспортних систем. Сучасні автостоянки повинні відповідати встановленим законодавством вимогам безпеки. Однією з проблем забезпечення безпеки на них є збільшення частки обслуговуваних автомобілів на альтернативних джерелах енергії, наприклад, електромобілів. Цим зумовлена необхідність розроблення нових методів забезпечення захисту людей від небезпечних чинників пожежі (НЧП) на автостоянках закритого типу.

Загоряння на закритих автостоянках ускладнюються зосередженням великої кількості автомобілів у замкненому приміщенні, розташуванням автостоянок на території будівель іншого функціонального призначення (торгові центри, офісні будівлі тощо), а також особливостями пожежного навантаження автомобілів. Варіативність пожежного навантаження зумовлена розташуванням на автостоянках автомобілів на альтернативних джерелах енергії, що містять речовини та матеріали, не характерні для автомобілів, оснащених двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Реалізовані нині технічні рішення щодо забезпечення пожежної безпеки стоянок автомобілів закритого типу не повною мірою враховують специфіку забезпечення пожежної безпеки з урахуванням зберігання автомобілів на альтернативних джерелах енергії, наприклад, електромобілів.

Автостоянка, яка має закритий тип, обмежена стіновими огородженнями. Існують 2 можливих варіанти таких автостоянок: вони можуть бути або окремими приміщеннями, призначеними для зберігання транспортних засобів, або розташовуватися на території будівель з іншим функціональним призначенням. Закриті автостоянки можуть являти собою підземні або наземні споруди. Щодо підземних автостоянок дозволяється їх інтеграція в будівлі з першим або другим ступенем вогнестійкості.

Небезпека походів на автостоянках закритого типу полягає в тому, що через обмежений об’єм протягом короткого проміжку часу утворюється небезпечна для перебування людини концентрація токсичних продуктів горіння.

Під час вивчення пожежного навантаження транспортних засобів необхідно провести аналіз матеріалів, що використовуються у внутрішньому оздобленні автомобілів. Знання складу матеріалів дає змогу розрахувати їхнє пожежне навантаження і розробити заходи щодо мінімізації ризиків виникнення і поширення пожеж в автомобілях. Імовірність переходу пожежі від одного автомобіля до іншого, що тягне за собою небезпеку пошкодження, а іноді й руйнування всієї будівлі, стає особливо небезпечною в разі розташування парковок у будівлях іншого призначення.

Згідно зі статистичними даними основними причинами пожеж на автостоянках є несправність двигуна транспортного засобу, коротке замикання, несправність системи охолодження, паливної системи автомобіля, перегрівання двигуна. Порушення правил роботи транспортного засобу, таке як тривале використання в умовах високих температур або перевантаження, так само може посилити ризик виникнення пожежі. Визначення причини загоряння транспортного засобу потребує знань у галузі пожежної небезпеки

матеріалів, з яких виготовлено транспортний засіб, оскільки різні матеріали мають різні властивості щодо горючості, легкозаймистості та здатності підтримувати горіння.

Оцінка рівня пожежної небезпеки закритих автостоянок має велике практичне значення. Методи математичного моделювання пожежі дають змогу вивчити розвиток небезпечних чинників пожежі [1–3]. Для опису параметрів пожежі застосовують інтегральні, зонні та польові моделі.

На основі перелічених вище методів створюються методики, на базі яких формуються нормативні документи. Ці нормативні документи містять основні протипожежні вимоги до розміщення транспортних засобів на автостоянках, кількості та розташування евакуаційних виходів тощо. Такі вимоги мають рекомендаційний характер і в них, як правило, закладають певний коефіцієнт безпеки, тобто фактично вони є дещо завищеними. Це зроблено з метою гарантованого забезпечення безпеки людей. Для оцінки валідності вимог пожежної безпеки проводять натурні експерименти горіння автомобілів на території стоянки. Такі експерименти, як правило, поодинокі, їх проводять здебільшого під час розборів наслідків великих пожеж. Натурні вогневі випробування вимагають великих матеріальних вкладень, а також становлять деяку небезпеку для здоров'я людей. З метою зниження матеріальних витрат застосовують математичне моделювання, що дає змогу оцінити динаміку розвитку пожежі з високою точністю і без фінансових витрат.

Під час моделювання пожежонебезпечних ситуацій на автостоянках закритого типу було визначено фінальні ймовірності перебування системи в кожному зі станів. Методи марковського аналізу за їх використання для дослідження пожежонебезпечних станів автостоянки закритого типу дають змогу графічно відобразити інтенсивності виникнення пожеж, що мають вигляд переходів, які складають діаграму станів системи.

Під час моделювання пожежі об'єкта, що складається з великої кількості найменувань матеріалів, доцільно розділити його на складові елементи, для кожного з яких задати власні параметри та характеристики.

Слід зазначити, що результати комп'ютерного моделювання та натурних випробувань мають схожий вигляд трендів зростання температури, що свідчить про адекватність застосовуваної моделі.

Визначення пожежного навантаження літій-іонного акумулятора є важливим завданням при оцінці пожежної небезпеки та розрахунку пожежних ризиків на території закритих автостоянок. Було визначено значення пожежного навантаження для літій-іонного акумулятора та електромобіля, які надалі застосовувалися при розрахунку пожежного ризику. Так само експериментально було визначено температури виникнення полум'яного горіння для матеріалів, що становлять пожежне навантаження сучасних транспортних засобів. Надалі ці відомості використано для розрахунку поширення полум'я поверхнею матеріалів автомобіля, що є одним зі способів моделювання джерела погару в програмі PyroSim.

ЛІТЕРАТУРА

1. Олейник О.С., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Шаповал С.В. Моделювання можливої зони задимлюваності в зруйнованому укритті. Комунальне господарство міст, 2023. Том 4, вип. 178. С. 210–218. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-210-218

2. Олейник О.С., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Skatkov L. Проблематика збільшення часу перебування людей в укритті під час бойових дій за допомогою природної вентиляції: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2022» («Fire Safety Issues 2022»). м. Харків: НУЦЗУ, 12.10.2022 р. С. 107–109.

3. Полупан В.А., Рашкевич Н.В. Особливості розповсюдження продуктів загоряння. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗУ, 23 лютого 2023. С. 62–63.

УДК 614.8

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛЬОТІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС АНАЛІЗУ МІСЦЯ ПОЖЕЖІ

***Рудаков С.В.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Попов Д.О.*[2]**,
***Кулеба О.М.*[3]**, *к.юрид.н.*
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*ГУ ДСНС України у Одеській області,*
[3]*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Як показує практика, надзвичайним ситуаціям (НС), у більшості випадків, вельми важко повністю запобігти, проте можливо зменшити збитки та успішно контролювати їх виникнення за допомогою різноманітних сучасних високоефективних методів і засобів.

Слід відзначити той факт, що сучасні беспілотні авіаційні системи (БАС) довели свою ефективність при моніторингу, управлінні та контролі заходів, спрямованих на ліквідацію стихійних лих.

Однією із сучасних проблем аналітики ризиків є відсутність обґрунтованих універсальних моделей прогнозування виникнення та розвитку НС. Необхідно зазначити, що високий рівень ризиків (наприклад, ризики під час геологорозвідки корисних копалин, переробки нафти й газу, спекотний ризик і волатильні ціни на нафту та газ) на об’єктах нафтогазової галузі, найчастіше, потребують створення рішень, готових до використання у вигляді ефективних інтелектуальних алгоритмів, моделей та їхніх програмних реалізацій.

Найчастіше під час моделювання аварій (пожеж) дослідники розглядають небезпечні ситуації в станах, за яких загоряння вже відбулося, і активна стадія пожежі настала, оскільки інформація, яка використовується для створення таких моделей, здебільшого, містить емпіричні залежності, отримані внаслідок натурних експериментів. Також існують аналітичні та чисельні моделі, засновані на понятті ідеалізованої пожежі. Необхідно зазначити, що сучасною тенденцією в інженерних розрахунках пожежних ризиків є ускладнення уявлень про пожежі з урахуванням задавання реалістичних параметрів пожежного навантаження і граничних умов. Цей підхід передбачає розширення можливостей використання обчислювальних моделей аварій (пожеж).

Необхідно зазначити, що, незважаючи на широкі можливості та стан еволюції сучасних моделей пожеж, не існує універсальних моделей, які можна було б застосувати для різних пожеж.

Для побудови таких моделей необхідні дані про результати досліджень вогнезахисних властивостей і поведінки матеріалів і конструкцій в умовах пожежі, аналізу взаємодії між вогнем і конструктивними елементами, а також встановлення реальних умов і причин виникнення, розвитку пожеж та особливостей їх протікання.

Отримання таких даних можливе завдяки використанню різних автономних робототехнічних комплексів у поєднанні з методами (методиками) проведення пожежно-технічних експертиз.

Сучасні вимоги до параметрів автономних робототехнічних систем, які використовуються в моніторингу стану інфраструктури, істотно зросли. Однією з переваг автономних робототехнічних систем є можливість їхньої адаптації до умов навколишнього середовища. Вибір конкретної робототехнічної платформи зумовлений, як правило, обраною метою і параметрами навколишнього середовища. Наприклад, для контролю стану інфраструктури застосовують робототехнічні системи наземного, повітряного і підводного типів. Такі системи, як БАС набули широкого поширення серед робототехнічних засобів за рахунок своєї високої маневреності.

Безпілотна авіація здатна забезпечити оперативне й ефективне реагування на виниклі природні й техногенні НС.

Нині сфери застосування БАС неухильно розширюються в усьому світі, оскільки такі пристрої використовуються для ефективного вирішення безлічі різноманітних завдань у всіх сферах діяльності людини, які включають, окрім іншого, управління надзвичайними та кризовими ситуаціями, пошуково-рятувальні операції в катастрофічних умовах, моніторинг сільськогосподарських полів, під час стихійних лих, дистанційне зондування, моніторинг лісових пожеж, оперативне виявлення та порятунок під час лісових пожеж, моніторинг дорожнього руху, вантажно-рятувальні перевезення і ретрансляційні мережі.

Таким чином, пропонована структура є особливо затребуваною в умовах забезпечення комплексної безпеки, оцінювання ризиків реалізації сценаріїв пожеж, підтримки ухвалення рішень під час ліквідації та пом'якшення наслідків НС та експертного аналізу пожеж. Однією з цілей експертного аналізу пожежі є визначення причини пожежі для запобігання повторенню подібних інцидентів у майбутньому.

Суттєво розширити можливості з аналізу динаміки пожеж можливо за рахунок використання БАС, що суттєво впливає на оцінку результатів реагування в умовах НС і планування заходів, спрямованих на пом'якшення наслідків і зменшення соціальних та економічних втрат. Однак, проектування та впровадження БАС у виробництво пожежно-тактичних експертиз неможливе без урахування вимог щодо оперативної доставки даних, продуктивності та забезпечення безпеки.

Встановлено, що впровадження сучасних високотехнологічних засобів, таких як БАС, дають змогу підвищувати рівень функціонування низки галузей, зокрема й сировинної.

Виявлені особливості застосування БАС в інтересах безпеки дадуть змогу оперативно виявляти дефекти на ранніх стадіях, здійснювати моніторинг та інспекцію на об'єктах. Також, БАС підвищують оперативність реагування на можливі НС (пожежі, витоки газу і нафти), що динамічно розвиваються, оскільки надають дані (інформацію) в режимі реального часу. При цьому застосування БАС дасть змогу забезпечити безпеку обслуговуючому персоналу, оскільки не потрібна людська присутність у зоні НС під час проведення огляду об'єкта і проведення розвідки.

Необхідно зазначити, що системне використання БАС може дати змогу проводити превентивні заходи із запобігання та ліквідації НС за допомогою збирання геоданих, створювати високоточні карти території об'єкта із зазначенням будівель і споруд, розташованих на ньому, що допомагає поліпшити планування і коригування в режимі реального масштабу часу операцій із ліквідації НС.

Крім того, важливим аспектом ефективності застосування БАС на об'єктах є можливість заміни іншої дорогої авіаційної техніки під час здійснення моніторингу пожежі – спостереження за перебігом розвитку пожежі та її гасіння з повітря, з подальшою фіксацією інформації на камери, що здатні забезпечувати відео- та теплове зображення місця пожежі; оцінювання шкоди від пожежі – візуалізовані дані дають змогу надалі проводити заходи відновлювальних робіт; розшуку й ідентифікації потерпілих – за тепловізійними даними.

УДК 614.8

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГАСІННЯ ЛІСОВОЇ ПОЖЕЖІ КАПСУЛАМИ З ВОДОЮ В АКТИВНІЙ ОБОЛОНЦІ

***Рудаков С.В.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Світана З.О.*[2]**,
***Турутанов О.Г.*[3]**
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*ГУ ДСНС України у Хмельницькій області,*
[3]*Університет Коменського (Словаччина)*

Дослідження пов’язані з використанням капсул з водою в активній оболонці для оптимізації подачі води в зону горіння під час гасіння лісової пожежі, визначення параметрів подачі і властивостей капсул, необхідних для підвищення ефективності гасіння.

Основними проблемами ефективності гасіння є доставка води в зону вразливості пожежі та створення умов найбільшого поглинання тепла з неї. Ключовими факторами ефективності є здатність частинок води досягти зони вразливості та випаруватися в ній. Основними перешкодами є випаровування дрібних частинок у конвективній колонці, їхнє прилипання до елементів рослинності до досягнення мети та переліт великих частинок через зону вразливості. Ці проблеми призводять до багаторазового збільшення необхідної для успішного гасіння кількості води. Це вказує на великий потенціал підвищення ефективності використання засобів гасіння під час боротьби з лісовими пожежами.

Умови та характеристики локалізації горіння і термічного розкладання лісового горючого матеріалу (ЛГМ) експериментально досліджувалися [1] за різних способів подачі рідинного аерозолю в умовах зустрічного потоку повітря: перед фронтом, у фронт горіння лісових горючих матеріалів і комбінований спосіб подачі. Експериментально показано, що розпорошена вода повністю не випаровується. Отримано мінімальну ширину крапельного потоку за різних способів подачі. Визначено вплив вітру на взаємодію водного аерозолю з лісовими горючими матеріалами, що горять.

Розглянуто три способи подачі рідини в зону горіння: локальний вплив, розподіл по периметру та аерозольний вплив. За результатами експериментів зроблено висновок про найефективніший спосіб гасіння ЛГМ під час подавання гасячої рідини по периметру в комбінації з розпиленням води в зону горіння лісового масиву. При локальному впливі на осередок горіння гасячою рідиною зареєстровано розліт фрагментів ЛГМ на великі відстані, що перевищують початковий радіус зони горіння в 2-4 рази і мають температуру від 490 К до 860 К. Під час зволоження загороджувальної смуги в умовах впливу рідинного аерозолю для підвищення вогнегасних властивостей води використовували склади на основі води з домішками бентоніту, бішофіту і піноутворювачів. Найменший час локалізації пожежі та найменший об’єм рідинної суміші отримано за використання суміші з добавкою бентоніту [2].

Дослідження зміни в часі температури газів у сліді рухомих через продукти згоряння крапель води розмірами від 40 до 400 мкм показали, що істотно відрізняються розподіли в часі температури суміші продуктів згоряння і парів води за імпульсної та безперервної подачі аерозолю. Початкова температура газів становила 500–950 К. При імпульсному впорскуванні аерозолю води з розмірами крапель від 40 до 400 мкм, розчину NaCl і суспензії глини експериментально виявлено визначальне значення швидкості випаровування при початковій температурі газів 520–910 К.

Для визначення необхідних витрат на створення диспергованої води для гасіння великомасштабної пожежі були проведені експериментальні дослідження електричного вибуху в тонкостінній скляній ампулі. Отримано, що для пожежі 100·100 м з висотою

полум'я 10 м потрібно 105 $м^3$ аеросуміші або 10^2 $м^3$ води. Висловлено припущення про використання зарядів, що вибухають синхронно, для отримання диспергованої води.

Існуючі дослідження показують різні аспекти динаміки гасячого складу, але немає комплексного дослідження, що ґрунтується на впливі способу подачі води на весь комплекс процесів, які впливають на гасіння лісової пожежі.

Моделювання повного комплексу процесів динаміки полідисперсної фази води під час гасіння лісової пожежі є складним окремим завданням. Ключовими факторами є швидкість поглинання теплової енергії водою та досягнення полум'я частинками води, враховуючи її налипання на елементи рослинності. У разі подачі дисперсної води основними процесами, які впливають на динаміку пожежі, є здатність води налипати на рослинність і поглинати тепло під час випаровування. Розглянемо задачу моделювання динаміки дисперсних частинок води кінцевого розміру під час руху в шарі рослинності. Спробуємо дослідити модель динаміки дисперсних частинок води кінцевого розміру під час руху в пористому шарі лісових горючих матеріалів. Необхідно визначити характеристики руху і випаровування дисперсної води в шарі рослинності, та її осідання на елементи лісових горючих матеріалів. Завдання аеро- і термодинаміки краплі води в нагрітому середовищі необхідне для оцінювання кількості енергії, що поглинається краплею на шляху руху.

Розглянуто динаміку гасіння лісової пожежі з урахуванням руху дисперсної фази води. Це дає змогу забезпечити більш детальний аналіз фізичних процесів, що протікають за різних параметрів подачі води. Розглядається ідеалізований варіант із нескінченно малим розміром частинок, за якого вони не налипають на рослинність. У разі потрапляння частинок у середовище з високою температурою відбувається їх миттєве випаровування. Показано, що частинки малого розміру мають низьку інерцію і високу швидкість випаровування в нагрітому середовищі, що заважає їм долати конвективну колонку. Частинки великого розміру не мають здатності облітати елементи рослинності разом із газовим потоком. У зв'язку з цим доцільно забезпечити рух частинок води в капсулах для їх вивільнення в дрібнодисперсній формі в зоні вразливості пожежі. Одним з ефективних способів доставити воду в ділянку горіння є використання капсул в активній оболонці, що дають змогу подолати конвективну колонку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Terhi Vile´n Paulo, M. (2021). Fernandes Forest Fires in Mediterranean Countries: CO_2 Emissions and Mitigation Possibilities Through Prescribed Burning Environmental Management. 48. 558–567. DOI: 10.1007/s00267-011-9681-9

2. Sobac, B., Talbot, P., Haut, B., Rednikov, A., Colinet, P. (2015). A comprehensive analysis of the evaporation of a liquid spherical drop. Journal of Colloid and Interface Science. 438. 306–317.

3. Рудаков С.В., Приймак О.О. Модель підтримки управління розподілом пожежних автомобілів у гарнізонах України. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, курсантів, аспірантів «Наука про цивільний захист як шлях встановлення молодих вчених. Черкаси. ЧІПБ ім.. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. С. 210–212.

УДК 614.8

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ПОШИРЕННЮ ПОЖЕЖІ МІЖ БУДІВЛЯМИ

***Рудаков С.В.*[1]**, *к.т.н., доцент*
***Хаблак І.О.*[2]**,
***Черепаха Р.Е.*[1]**
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*ГУ ДСНС України у Донецькій області*

Аналіз практики застосування ризик-орієнтованого підходу показав, що вимоги пожежної безпеки застосовуються особою, яка приймає рішення (ОПР), без урахування ступеня ризику заподіяння шкоди, що призводить до їх оскарження.

Типова модель щодо застосування обов'язкових вимог пожежної безпеки в низці випадків не дає змоги забезпечити достовірність ухваленого управлінського рішення, оскільки область ризику розповсюдження пожежі між будівлями не відповідає області їхнього ефективного застосування, тож рішення ухвалюється в умовах невизначеності. Подана інформація є неточною по відношенню до альтернативних показників розрахункової моделі прийняття рішення, і тому вони не асоціюються з адекватним інформаційним забезпеченням.

Тому в цілях підвищення оперативності прийняття раціонального рішення та ефективності управління пожежною безпекою щодо запобігання розповсюдження пожежі між будівлями необхідно розробити методику оцінки на основі математичної моделі, яка дасть змогу ОПР швидко отримувати розрахункове значення протипожежної відстані. Дана обставина призводить до створення конфліктних ситуацій, коли невиконання вимог пожежної безпеки, зазначених у нормативних документах, прямо та бездоказово пов'язують із загрозою ризику заподіяння шкоди майну, що не підтверджено розрахунковою оцінкою, та, як наслідок, призводить до створення непереборних сумнівів під час ухвалення рішення та штрафних санкцій за їхнє невиконання.

Для розв'язання цієї проблеми та ухвалення обґрунтованого управлінського рішення необхідно використовувати інформаційне забезпечення на основі розрахункової моделі щодо застосування обов'язкових вимог пожежної безпеки в частині протипожежної відстані між будівлями.

Великий обсяг професійно значущої інформації з низьким рівнем достовірності створює проблему розроблення ефективних нормативних вимог та їхнього застосування в реальній обстановці під час ухвалення управлінського рішення, спрямованого на забезпечення пожежної безпеки об'єкта захисту [1]. Отже, виконання недоброякісних нормативних вимог призводить до серйозних судових і слідчих помилок у випадках, коли невиконання типових і неефективних у розслідуваних випадках вимог пожежної безпеки прямо й бездоказово пов'язують із заподіяною шкодою. Застосування типових вимог пожежної безпеки без урахування застосування розрахункової оцінки породжує проблеми виникнення адміністративних бар'єрів.

З огляду на гостроту проблеми необхідно проаналізувати наявні методики підтримки прийняття рішення для ефективного управління пожежною безпекою між будівлями.

У сучасних умовах вимоги пожежної безпеки, спрямовані на захист майна від впливу небезпечних чинників пожежі [2, 3], передбачають право вибору виду протипожежних перепон і комплекс інженерно-технічних та організаційних рішень, які обмежують розповсюдження пожежі між будівлями .

Проведений методологічний аналіз типової моделі щодо застосування обов'язкових вимог пожежної безпеки з нормативного оцінювання протипожежних відстаней між будівлями різних класів функціонального призначення, представленої в

нормативному документі з пожежної безпеки, виявив: кількість показників (не менше 5 шт.), що визначають нормативну протипожежну відстань між об'єктами захисту; відсутність можливості вибору технічних рішень протипожежного захисту, які б відповідали ризику заподіяння шкоди, оскільки не враховують вплив теплового потоку полум'я від джерела запалювання через конструкції випромінювальної будівлі на опромінювальні матеріали в будівельних конструкціях поруч розташованих будівель протягом 15 хв. та індивідуальні засоби захисту особового складу підрозділів ДСНС.

Отже, для обґрунтованого і достовірного ухвалення рішення необхідно використовувати розрахункову модель щодо застосування обов'язкових вимог пожежної безпеки з урахуванням використання апробованої методики, яка не створює конфліктної ситуації та соціальної напруженості. Розрахунковою оцінкою виступає апробована методика займистості пожежонебезпечного опромінюваного матеріалу від впливу теплового потоку, що випромінює, на опромінювані матеріали в будівельних конструкціях поруч розташованих будівель та індивідуальні засоби захисту особового складу підрозділів пожежної охорони для подальшого визначення протипожежної відстані.

У загальному вигляді методика експрес-оцінки, що застосовується для підтримки ухвалення управлінського рішення, являє собою маніпулятор даними, оснащений обчислювачем для швидкого опрацювання інформації та представлення потрібних результатів щодо протипожежної відстані між будівлями. Система не є статичною, оскільки на один і той самий запит про протипожежну відстань можна отримати набір альтернатив залежно від особливостей проблемної ситуації: різні лінійні розміри випромінювальної поверхні, характеристики опромінюваної поверхні, наявність або відсутність підрозділів пожежної охорони.

Розрахункова методика експрес-оцінки заходів щодо запобігання поширенню пожежі між будівлями шляхом застосування емпіричних формул для визначення протипожежної відстані спрямована на:

– поліпшення інформуванням ОПР для ефективного управління пожежною безпекою між будівлями;

– розробку адресних (індивідуальних, адекватних, безпечних та ефективних) заходів щодо попередження, недопущення або зниження динаміки розвитку пожежі між будівлями, мінімально необхідних для (захисту майна);

– підвищення ефективності організації діяльності співробітниками ДСНС щодо дотримання за обов'язковими вимогами пожежної безпеки на основі ризик-орієнтованого підходу;

– удосконалення та актуалізацію вимог пожежної безпеки з урахуванням оцінки ризику заподіяння шкоди (збитків) третім особам унаслідок пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Качала В.В., Тімаков Є.В., Рашкевич Н.В. Інформаційне забезпечення системи управління безпекою та захистом у надзвичайних ситуаціях. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 237.

2. Полупан В.А., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Щолоков Е.Е. Вогнестійкість будівельних конструкцій як елемент системи пожежної безпеки. The I International Scientific and Practical Conference «Current trends in the development of modern scientific thought», September 27–30, 2022, Haifa, Israel. С. 495–497.

3. Полупан В.А., Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В. Критерії вибору способу вогнезахисту будівельних конструкцій: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення», м. Львів, 12–13 жовтня 2022 р. С. 77–79.

УДК 614.84

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОДИМОКАМЕР І ВИМОГ ДО ЇХ ВЛАШТУВАННЯ ТА ОСНАЩЕННЯ

Савенко Г.І.,
Алексеєв О.Р.,
Щотка Е.О.
Національний університет цивільного захисту України

Теплодимокамери будуються, як правило, далеко від громадських і житлових будівель та споруд, їх розташування, за потреби, повинно бути погоджено із санепідемстанцією.

При будівництві тепло димокамери поблизу інших будівель вона повинна бути обладнана спеціальними пристроями, що забезпечують відведення диму від поряд будівель, що стоять.

Для успішного проведення практичних занять необхідно, щоб пристрої та обладнання теплодимокамери забезпечували:

– одночасне проведення тренувань газодимозахисників у складі

– ланки (відділення) ГДЗС;

– створення умов, що близько наближаються до умов роботи на пожежі;

– виконання вправ з різними за ступенем тяжкості навантажень на організм.

Теплодимокамера повинна включати наступні приміщення: димокамеру, теплокамеру, передкамеру, пультову, контрольний пост ГДЗС, кабінет лікаря, санвузол, оздоровчий комплекс (душова, сауна), навчальний клас. Інженерне обладнання теплодимокамер повинно відповідати санітарно-гігієнічним вимогам. Система електроустаткування теплодимокамери повинна виконуватись відповідно до правил улаштування електроустановок і включати такі види освітлення: робоче (загальне та місцеве), 220 В; аварійне, 220 В; евакуаційне, 220 В; ремонтне, 36 В; для приводу систем аварійного димовидалення, 380; для імітаторів «вогнище пожежі» та ін., 12 В постійного струму. Для підключення імітаторів пожежної обстановки в тренувальних приміщеннях, що задимляються, передбачається встановлення штепсельних розеток з напругою живлення 36 В. Аварійне освітлення в задимлених приміщеннях, включаючи сходові клітини, необхідно передбачати окремо встановлюваними на стінах світильниками із дзеркальними лампами, які покращують видимість у разі екстреної евакуації газодимозахисників. Аварійне освітлення має підключатися до двох незалежних джерел живлення.

Задимлення в теплодимокамерах необхідно передбачати тільки в тренувальних приміщеннях. Шумові ефекти не повинні перевищувати допустимі норми. Як димоутворювальні засоби використовуються імітатори та склади, що не викликають отруєння та опіку у разі знаходження газодимозахисників у задимлених приміщеннях без ЗІЗОД.

Для видалення диму з тренувальних приміщень повинні бути передбачені три відокремлені системи димовидалення, що складаються з витяжної, припливної та аварійної установок кожна. Продуктивність кожної системи повинна забезпечувати 10-кратний повітрообмін у задимлених приміщеннях.

Аварійна примусова вентиляція повинна підключатися до основного та незалежного резервного джерела живлення та забезпечувати вміст у приміщенні димокамери діоксиду вуглецю не більше 5 % та оксиду вуглецю не більше 0,024 % протягом 2 хв з моменту включення системи.

У теплодимокамері необхідно передбачати телефонізацію, радіофікацію, гучномовний зв’язок, відтворення шумових ефектів. Телефонізація та радіофікація будівлі

теплодимокамери виконується від міської чи районної телефонної чи радіотрансляційної мережі. Гучномовний односторонній зв'язок здійснюється з пультового з задимлюваними приміщеннями димо- та теплокамер. Відтворення шумових ефектів у приміщеннях, що задимляються, здійснюють за допомогою магнітофона і самостійних підсилювачів, встановлених у пультовій.

Димокамера є одним із основних приміщень для тренування газодимозахисників. Площа залу для тренувань розраховується на одночасне тренування двох ланок ГДЗЗ. Висота приміщення димокамери має бути не менше 2,5 м. Зал тренувань повинен мати не менше двох виходів. Над виходами з внутрішньої сторони встановлюються світлові покажчики з написом «Вихід», які включаються з пультовою. Перед приміщеннями, призначеними для задимлення, влаштовуються тамбури, що не задимлюються, що виключають проникнення диму в інші приміщення теплодимокамери.

Підлога в димокамері виконується рівною, не слизькою (бетон, асфальт), з ухилом у бік трапів для стоку води в каналізацію. Стіни та стеля виконуються з матеріалів, що допускають їх миття водою. Для контролю місцезнаходження газодимозахисників у задимлених приміщеннях димокамери обладнується система стеження. За допомогою перегородок, що трансформуються (сітчастих, щитових) з дверями в димокамері повинна забезпечуватися можливість створення різних варіантів приміщень. Кріплення перегородок повинно виключити їхнє падіння. Для відпрацювання виконання різних робіт в димокамері встановлюють вузькі горизонтальні лази, похилі ділянки підлоги, що хитаються, сходи-пандуси, виступаючі конструкції, перешкоди, ящики з вантажем від 30 до 80 кг, технологічні засувки, трап-драбини, доріжки, що біжать(Типу ескалатор), різні спортивні тренажери та ін. Як імітаційні засоби застосовують світлові імітатори «Очаг пожежі», «Спалах», «Коротке замикання в електрокабелі». Звукові ефекти можна здійснити за допомогою магнітофонів із записом фонограм, конструкцій, що імітують обвал, вибух парів або газів, шум виходить з трубопроводу під тиском газу, крики «постраждалого» та ін.

Як правило, запуск аварійних систем димовидалення та освітлення здійснюється за командою керівника занять з пульта управління. Передача інформації про надзвичайну ситуацію, яка створилася в димокамері, від ланки ГДЗС на пост безпеки, з поста безпеки – керівнику занять; розпорядження керівника занять на запуск аварійних систем та виконання даного розпорядження займає тривалий час. Це створює загрозу для життя особового складу ланки ГДЗС, що знаходиться в димокамері.

Перед заняттями у димокамері керівник, використовуючи перелічені імітатори, змінюючи їх види, кількість, порядок спрацьовування, створює невідому ланки ГДЗС обстановку. Послідовність та час спрацьовування імітаторів обумовлені заданою програмою або контролюються дистанційно з пульта керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ ДСНС від 27.06.2024 № 680 «Методичні рекомендації з підготовки газодимозахистників ДСНС України».

УДК 614.841

ВПЛИВ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖЕЖІ

***Сагалович Ю.В.*[1],**
***Тригуб В.В.*[2],** *к.т.н., доцент,*
***Голоднов О.І.*[3],** *д.т.н., професор*
[1]*ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України,*
ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського»

Основною задачею щодо забезпечення пожежної безпеки (ПБ) будівель і споруд є безпека людей, ступінь якої визначається чисельним значенням індивідуального пожежного ризику (ІПР). Згідно з офіційними статистичними даними [1], кількість постраждалих і загиблих при пожежах людей залишається на дуже високому рівні. Однією з причин підвищеної небезпеки є недостатня ефективність систем протипожежного захисту (СПЗ), систем оповіщення (СО) та керування евакуацією людей під час пожежі (СКЕ) [1, 2]. Вимоги нормативної документації (НД) з ПБ вказують на необхідність забезпечення працездатності та ефективності СКЕ, передачі достовірної та розбірливої інформації, обґрунтування алгоритмів функціонування. Проте методичні рекомендації щодо оцінки зазначених параметрів відсутні.

Однією з причин такого стану справ є недостатня працездатність СПЗ, у тому числі СО. Системи мовленнєвого оповіщення широко застосовують у різних сферах людської діяльності. Саме мовленнєва інформація є найефективнішою. Якщо для сприйняття світлової інформації необхідна зона прямої видимості, то звукова та мовленнєва інформація через низькочастотність легко долає перешкоди на шляху свого поширення. Звуковий сигнал має переваги у ситуаціях, коли дим, темрява чи інші чинники створюють перешкоди сприйняттю візуального попередження. Саме мовленнєва інформація найбільш ефективно обробляється (вербалізується) свідомістю людини, суттєво впливаючи на її реакцію та прийняті нею рішення.

Якість мовленнєвої інформації визначається якістю всього звукового тракту системи. Передача на великі відстані у провідних рішеннях забезпечується стійкістю ліній оповіщення. Для гарантованого виконання СКЕ своєї основної задачі – передачі достовірної інформації до місць постійного та тимчасового перебування людей – виконується її проєктування. Відповідно до вимог стандарту [3] працездатність СКЕ забезпечується грамотним проєктуванням, якісним монтажем та своєчасним обслуговуванням.

Основною задачею СКЕ є безпечна евакуація людей під час виявлення пожежі. Відповідно до вимог стандарту [4] безпечна евакуація забезпечуються виконанням двох основних критеріїв – своєчасністю та безперешкодністю. Своєчасність забезпечується зниженням інерційності виявлення НЧП, злагодженою взаємодією систем пожежної автоматики та СКЕ. Безперешкодність забезпечується комплексом організаційно-технічних заходів, у тому числі застосуванням СКЕ, яка забезпечує не лише оповіщення, а й керування евакуацією людей під час пожежі.

Для реалізації першого критерію від СКЕ потрібна своєчасна передача достовірної інформації – грамотних текстів про необхідність евакуюватися та шляхи евакуації. Реалізація другого критерію забезпечується ефективним управлінням процесу евакуації, що передбачає розробку грамотних алгоритмів.

В даний час для розрахунку пожежного ризику використовується методика [5]. Метою оцінки ризику є отримання чисельного значення ІПР та співставлення отриманої величини з нормативним значенням. Якщо пожежний ризик перевищує нормативне значення (не забезпечується), то розробляються додаткові компенсуючі заходи, наприклад

застосовується СКЕ підвищеного типу. Ефективність заходів підтверджується повторним розрахунком ІПР.

У існуючій методиці не враховується затримка евакуації, обумовлена об'єктивними та суб'єктивними причинами, що завищує остаточну ймовірність евакуації, при тому, що помилка при розрахунку ймовірності евакуації на тисячну спотворює результат оцінки ІПР в два рази. Наприклад, відсутня затримка евакуації, яка передбачає поетапну евакуацію людей у багатоповерховому будинку: для мінімізації ймовірності зіткнення людей та перешкоджання їх руху можлива поетапна евакуація, в якій спочатку сповіщається поверх де виникла пожежа, потім послідовно верхні поверхи, потім нижні поверхи. Основний сенс у цій послідовності – забезпечення безперешкодності руху людей із місця виявлення НЧП (з поверху пожежі).

Важливо розуміти, що штучна затримка оповіщення повинна бути застосована лише у разі необхідності, обґрунтована і підтверджена розрахунками. Фізична реалізація алгоритму має зіставлятися з можливостями технічних засобів. Альтернативою реалізації множини сценаріїв чи алгоритму оповіщення є одночасне оповіщення. Тоді критерій застосування або незастосування алгоритму формулюється досить просто: час евакуації людей із зони виявлення пожежі при застосуванні алгоритму має бути меншим за час евакуації з цієї ж зони при одночасному оповіщенні.

Як замовник (власник об'єкта), так і споживач (люди, яких потрібно захистити) потребують максимально точної оцінки величини ІПР, для чого необхідна якісна методика. Загальна точність розрахунку ІПР визначається точністю та коректністю визначення кожного з параметрів, які входять до розрахункової формули.

У методиці розрахунку ІПР параметри надійності СПЗ визначено дуже приблизно. Формула для розрахунку коефіцієнта відповідності СПЗ, до складу якої входить СКЕ, враховує лише одну структурну схему побудови. Тому в результаті проведеного дослідження встановлено, що коефіцієнт відповідності СО (СКЕ) вимогам НД, що використовується в нормативній методиці розрахунку ІПР, не є коректним. Виходячи з отриманих розрахункових даних та практичного досвіду, він набуває значення як вище, так і нижче значення 61 %. А запропоновані методики розрахунку часу затримки початку евакуації, коефіцієнта технічної ефективності і структурної побудови СПЗ дозволять скоротити загальний час евакуації людей при пожежі, підвищити точність розрахунку величини ІПР.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щолоков Е.Е., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І., Отрош Ю.А. Удосконалення системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Комунальне господарство міст, 2025, том 1, випуск 189. С. 368–376. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-368-376

2. Щолоков Е. Е., Майборода Р. І., Рашкевич Н. В., Отрош Ю. А., Балдук П. Г. Дослідження ефективності системи оповіщення та евакуації дітей з порушенням слуху у закладах освіти. Механіка та математичні методи, 2025. Т. 7. № 1. С. 26–47. https://doi.org/10.31650/2618-0650-2025-7-1-26-47

3. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 2024 рік: URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/3/0/1/6/1/2/analiticna-dovidka-pro-pozezi-za-12-misiaciv-2024-na-sait.pdf

4. ДСТУ CEN/TS 54-14:2021 Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Частина 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, пусконалагоджування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічного обслуговування (CEN/TS 54-14:2018, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=95366

5. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138

УДК 004.4

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ SOLIDWORKS В КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

Сарахан К.В.,
Новгородченко А.Ю., *PhD,*
Ковальов А.І., *д.т.н., с.н.с.*
Національний університет цивільного захисту України

Мета роботи полягає у вивченні теоретичних основ побудови зображень елементів будівлі в комп'ютерній програмі SOLIDWORKS, адже вона одна з найпопулярніших програм для проєктування в інженерії і 3D моделюванні. Цей комп'ютерний комплекс має необхідний набір інструментів для створення різноманітних деталей та інженерних конструкцій в цифровому вигляді, що дозволяють проводити над моделлю віртуальні випробування.

Програма широко використовується у закладах вищої освіти для підготовки інженерів і дизайнерів, а для майбутніх працівників ДСНС України важливо вміти визначати та забезпечувати пожежну безпеку об'єктів будівництва. Це сприяє формуванню у фахівців високий рівень технічної підготовки, вміння орієнтуватися в генеральних планах, плани будівель, споруд та приміщень, а також проведення експертизи архітектурно-будівельних документацій новобудов. Для виконання мети слід виконати такі завдання: викладення технічних ідей за допомогою кресленіків в SOLIDWORKS, розроблення розрахункових рекомендацій (пропозицій) щодо поліпшення технічного рішення з питань протипожежного захисту об'єктів.

Актуальність використання програми SOLIDWORKS в комп'ютерній графіці [1]:

- Застосування програми надають повний спектр інструментів проєктування, імітаційного моделювання та обміну даними для створення детальних 3D-моделей та креслень для механічного обладнання та систем, технологічних схем. Програма проста у використанні, тому що вбудоване управління версіями дозволяє зосередитись на проєктуванні, а не на управлінні даними. Ці інструменти дозволяють у будь-який час змінювати форму деталі без повторного моделювання, виключати перетворення даних і повторного моделювання, створювати точну геометрію, зрозумілу і готову до подальшого використання в розрахунках.
- SOLIDWORKS дозволяє швидке створення 3D-моделей в єдиному стилі**.** 3D Sculptor включає в себе додаток xShape для 3D-моделювання з розділенням поверхонь, який у свою чергу дозволяє швидко створювати складні поверхні за допомогою функцій стискання та розтягування. Створювати ескізи напрямних у місцях, де для створення 3D-геометрії поверхні можна використовувати зображення або ескізи, автоматично перетворювати поверхні розділення на геометрію NURBS. Креслити стилізовані моделі швидше, ніж із використанням параметричних інструментів.

Орієнтуючись на потреби працівників ДСНС України для забезпечення пожежної безпеки, програма дозволяє створювати точні 3D-моделі протипожежних систем, таких як спринклери, димовидалення, створювати плани евакуації та схеми пожежогасіння. За допомогою вбудованих симуляцій можна моделювати поведінку конструкцій у реальних умовах або під час впливу дії високих температур, оцінюючи ефективність проектів та стійкість будівель і споруд. Крім того, SOLIDWORKS допомагає дотримуватися нормативних вимог і стандартів, оптимізуючи розробку систем пожежної безпеки та знижуючи ризики.

Крім того платформа SOLIDWORKS має багато зручних функції, які включають [2]:

● Відстеження змін – зміни автоматично відстежуються, і користувачі мають змогу бачити їх у панелі завдань та отримувати доступ до попередніх ревізій.

● Сповіщення — інформування відповідних членів команди про зміни статусу разом з будь-якими діями, які можуть бути необхідні;

● Автоматичне створення PDF – конвертація файлу креслення SOLIDWORKS у PDF під час переходу робочого процесу;

● Інтегрований перегляд файлів – динамічний перегляд даних CAD за допомогою вбудованої можливості перегляду eDrawings.

SOLIDWORKS ідеально підходить для командної роботи над проєктами, яким потрібна розширена система на основі записів, включає користування усіма можливостями [1, 2]:

● Управління проєктами – керування етапами проєкту від початку до завершення, використання завдання користувачів та табелі робочого часу для автоматичного відстеження прогресу;

● Управління процесами – налаштування процесів, такі як Запити на Зміну в Інженерії (ECR), передачі та схвалення;

● Управління елементами – створювання, редагування та порівняння креслень за допомогою записів та файлів;

● Інформаційні панелі та звіти – створювання інтерактивної графічної панелі для відображення критичної інформації., відправка звітів як вкладення електронною поштою.

Отже, використання програми SOLIDWORKS у комп'ютерній графіці в інженерних галузях, а саме в проектуванні систем пожежної безпеки є надзвичайно актуальним питанням,як для промислового сектору, так і для освітньої сфери, завдяки її функціональності. Ця програма сприяє створенню інноваційних рішень, підвищенню ефективності проєктування та підготовці висококваліфікованих спеціалістів. SOLIDWORKS поєднує в собі можливості технічного моделювання, аналітики та творчості, що робить її незамінним інструментом у сучасному світі технологій та безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рішення для промислового обладнання. URL: https://solidworks.softico.ua/solutions-for-industrial-equipment/

2. SolidWorks. Для чого він потрібен.
URL: https://noosphereengineering.com/news/solidworks.-dlya-chogo-vin-potriben

УДК 331

БЕЗПЕКОВІ АСПЕКТИ БУДІВЕЛЬ СПОРУДЖЕНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ 3Д ДРУКУ

Середенко Б.В.,
Рашкевич Н.В., *PhD*
Черкаський державний технологічний університет

Будівельна галузь є однією з найважливіших сфер розвитку інфраструктури, що безпосередньо впливає на рівень безпеки населення. В умовах сучасних викликів, зокрема післявоєнного відновлення, техногенних загроз та екологічних змін, підвищується необхідність у створенні стійких, надійних і безпечних будівель [1]. Важливим є розвиток фортифікаційних споруд, зокрема залізобетонних бліндажів циліндричної форми, які забезпечують високий рівень захисту [2].

Оптимізація розрахунків будівельних конструкцій є одним із завдань забезпечення безпеки будівель, що підтверджується дослідженнями щодо оптимізації структурних рішень [3, 4].

Важливим фактором є моделювання стійкості системи «ґрунт-фундамент-будівля», особливо при впливі високих температур та механічних навантажень [5]. Це дозволяє підвищити надійність будівель і зменшити ризики руйнування.

Окремої уваги заслуговують питання пожежної безпеки. Інноваційні заходи в проектуванні протипожежних перешкод, дозволяють підвищити безпеку об’єктів критичної інфраструктури [6]. Використання нанотехнологій у будівництві сприяє розробці ефективних засобів захисту [7]. Крім того, актуальним є питання містобудівного планування, зокрема обмеження забудови в небезпечних зонах [8].

Використання технологій 3D-друку дозволяє не лише скоротити час будівництва, а й зменшити ризики для працівників, оптимізуючи конструктивні рішення [9].

Швидкий розвиток технологій Fused Deposition Modeling (FDM) у будівництві відкриває нові можливості для створення інфраструктури, що є економічно вигідною, технологічно досконалою та стійкою до зовнішніх впливів. Використання 3D-друку надає можливість з меншою кількістю працівників зводити будівлі в районах з високою температурою, вологістю, забрудненим повітрям чи підвищеним рівнем радіації [1, 2].

Для того щоб зменшити участь людини протягом якомога більшого періоду часу, необхідно оптимізувати форму будівлі, використавши всі можливості 3Д-принтера, враховуючи його обмеження в можливості формування горизонтальних конструкцій. Чим більше елементів споруди можна буде виконати виключно за допомогою FDM технології, тим менше буде залучено людей протягом всього періоду будівництва, і тим менше буде ризиків для робітників на майданчику.

Можливості 3Д-друку необхідно застосовувати не лише для оптимізації виробництва, а й для створення максимально ефективних форм будівлі, що неможливо повторити будь-якою іншою технологією з такою ж гнучкістю та швидкістю (рис. 1). До них можна віднести: пустотілі стіни з особливим шаблоном заповнення (з можливістю заповнити пустоти на етапі зведення термоізоляційними матеріалами), криволінійні елементи огородження, що дозволяють з меншою кількістю матеріалу зберігати міцнісні характеристики, улаштування купольних та аркових конструкцій, що є значно стійкішими за горизонтальні перекриття, враховуючи особливості матеріалу (неармований бетон); створення отворів і каналів для комунікацій на етапі друку, без подальшої необхідності в їх влаштуванні; надання будівлі архітектурних форм, що дозволяють зменшити витрати на оздоблення. Всі ці аспекти здатні створити безпечні умови для майбутніх власників.

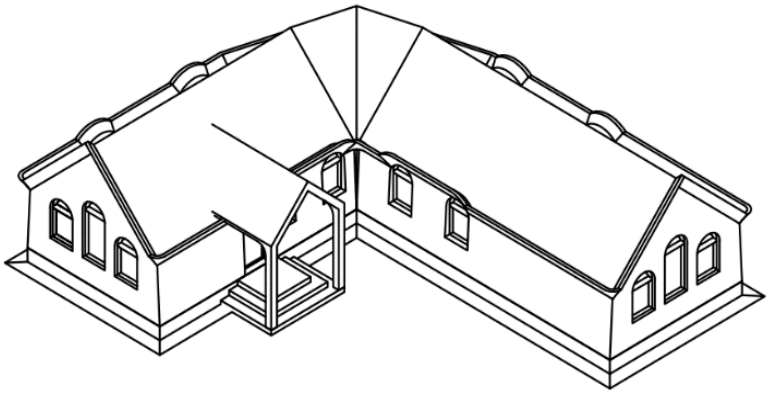


Рис. 1. Приклад оптимізованої під 3Д-друк будівлі.

Оптимізація конструктивних рішень та впровадження інноваційних технологій, зокрема 3D-друку, дозволяють підвищити ефективність будівництва, зменшити ризики для працівників і створити надійніші споруди.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Трансформація інфраструктури міста в рамках післявоєнної відбудови. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 75–76.

2. Безуглий Я.П., Отрош Ю.А., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В. Будівництво дрібних захисних фортифікаційних споруд – залізобетонних бліндажів циліндричної форми заводського виготовлення. ВІСТІ Донецького гірничого інституту, 2022. №2 (51). С. 7–13. URL: https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-2-7-13

3. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N., Kondratiev A. Optimization of calculations of building structures. Механіка та математичні методи : науковий журнал. Одеса : ОДАБА, 2023. Том V, вип. № 1. С. 6–13.

4. Medved, I., Otrosh, Yu., Rashkevich, N. Optimization of building structures. Mechanics and mathematical methods. VI/1/2024. С. 17–25. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-17-25

5. Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Сур’янінов М.Г. Моделювання стійкості та надійності системи грунт-фундамент-будівля при дії силових та високотемпературних впливів. Механіка та математичні методи. VI/1/2024. С. 36–48. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-1-36-48

6. Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Плотніков І.В., Сур’янінов В.М. Інноваційні заходи в проектуванні протипожежних перешкод трансформаторних підстанцій. ВІСТІ Донецького гірничого інституту, 2024. № 2. С. 59–65.

7. Щолоков Е.Е., Майборода Р.І., Рашкевич Н.В. Нанотехнології в питаннях забезпечення пожежної безпеки будівель та споруд: матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах» (Харків, НТУ «ХПІ», 1–2.12.2022 р.).

8. 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.

9. Середенко Б.В., Примак Н.С., Денисенко Ю.М. Можливості зменшення участі людини в процесі 3d друку. Будівель за рахунок продуманості архітектурних рішень. Збірник тез доповідей студентської науково-практичної конференції ЧДТУ, 23-24 квітня 2024 р. С. 126.

УДК 614.841.343

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ВІД ЇХ КОНСТРУКТИВНОГОВИКОНАННЯ

Сиводед Д.О.,
Рудешко І.В.
Національний університет цивільного захисту України

Однією з основних задач під час проєктування будівель та споруд є забезпечення пожежної безпеки [1, 2]. Умови забезпечення пожежної безпеки для плит покриття є їхня вогнестійкість. Гарантований клас вогнестійкості будь-якої будівельної конструкції є запорука безпечної евакуації людей під час пожежі, а також сприяння створення умов для ефективного гасіння пожеж аварійно-рятувальними підрозділами.

Плити в будівлях і спорудах виконують огороджуючи і несучі функції одночасно. Але граничні стани за вогнестійкістю для них будуть різними, залежно від їх місця розташування [3, 4].

Так, для плит покриття граничним станом за вогнестійкістю являється тільки втрата несучої здатності (R).

Для плит перекриття граничними станами можуть бути R, E, I, тобто, за втратою несучої, теплоізолюючої здатності і за втратою цілісності.

Багаторазові вогневі випробування показали, що для багатьох плит перекриття граничним станом за вогнестійкістю являється втрата несучої здатності. Це пояснюється тим, що завдяки конструктивної особливості збірних елементів перекриття, що окремо виконують функції підлоги, звукоізоляції, несучої частини і стелі, інші граничні стани не встигають проявитися за короткочасний період вогневого впливу.

Випробування плит на вогнестійкість за стандартним температурним режимом підтверджують цей факт. Розглянемо деякі результати цих випробувань.

Суцільні плити і ребристі (ребрами догори) попередньо напружені, із бетону на дрібному вапняковому щебені, при вогневих випробуваннях, при вільному спиранні по двох протилежних сторонах, під дією рівномірно розподіленого навантаження, на момент руйнування мали прогини 40, 30, 39 см, що значно більші за допустимі $f_п=l/30$, де l – проліт плити [5].

При цьому, температура нагрівання розтягнутої арматури досягала 500 ^{0}C, температура необігріваємої поверхні складала тільки 100 ^{0}C. Оскільки плити в умовах пожежі обігріваються тільки з однієї сторони (знизу), зменшення їх несучої здатності відбувається, в основному, за рахунок зниження міцності розтягнутої арматури. Стиснуті бетон і арматура прогріваються слабо. Розглянуті елементи (статично визначені згинаємі вільно сперті плити, панелі, настили перекриття) руйнуються внаслідок утворення пластичного шарніру в перерізі із найбільшим згинаючим моментом. При цьому відбувається різке збільшення температурної повзучості арматури, інтенсивне розкриття тріщин в розтягнутій зоні, зменшення висоти стиснутої зони до мінімуму, коли і відбувається руйнування стиснутого бетону і, відповідно, всієї конструкції. В результаті утворення пластичного шарніру у залізобетонних плит із розрахунковим прольотом l_0=5,5–6,5 м і висотою перерізу 10–25 см при нагріванні величина прогину досягає $f=0,8\ l_0/h$.

Висока вогнестійкість (98–116 хв.) суцільних плит обумовлена [4, 5]:

- високою початковою вологістю бетону;
- товщиною захисного шару 2,2 см ;
- сильно розвинутою стиснутою зоною бетону.

Висока вогнестійкість ребристих плит обумовлена:

● наявністю в розтягнутій зоні конструктивної арматури із холодно тягнутого низьковуглицевого дроту, що сприймає на себе частину зусиль і розвантажує при нагріванні основну арматуру;

● високою вологістю бетону;

● армуванням повздовжніх ребер подвійними вертикальними каркасами, що забезпечують міцність стиснутої зони.

Перекриття із ребристих тонкостінних плит касетного виробництва із підвісними акустичними стелями.

Згідно випробувань, звичайна акустична стеля руйнується вже через 7 хвилин від початку нагрівання, що сприяє дуже швидкому прогріванню ребристої (ребрами донизу) плити. Після руйнування акустичної стелі ребра плити обігріваються із трьох сторін, і арматура розтягнутої зони дуже швидко прогрівається до критичної температури. Таким чином, межа вогнестійкості перекриття із спалимою акустичною стелею складає 44 хвилини.

При використанні неспалимої підвісної стелі із неспалимих або важко спалимих гіпсоволокнистих плит, завтовшки 25 мм, межа вогнестійкості перекриття досягає 103 хвилин, в той час, неспалима стеля захищає несучу плиту протягом 72 хвилин.

Касетні ребристі плити прогріваються до 1600 ^{0}С через 35 хвилин після руйнування акустичної стелі. Це пояснюється щільною структурою дрібнозернистого бетону, високою теплопровідністю і пониженою паропроникненістю. При вологості бетону більш за 5 %, через 15 хвилин спостерігалось вибухоподібне руйнування плит у кесонах із утворенням наскрізних отворів площею до 0,5 м^2 [3,5].

Після аналізу результатів усіх випробувань, можна зробити висновок, що:

● особливості поведінки плит збірного залізобетонного перекриття в умовах пожежі залежать від конструктивних особливостей, навантаження, способу армування, класу арматури, форми поперечного перерізу, товщини захисного шару бетону;

● суцільні залізобетонні плити, що армовані гарячекатаною арматурою, із сильно розвинутою стиснутою зоною, ребристі плити з міцними повздовжніми ребрами, що армовані гарячекатаною стрижньовою арматурою і подвійними вертикальними каркасами із звичайного холодно тягнутого дроту, втрачають несучу здатність по нормальному перерізу із утворенням пластичного шарніру в розтягнутій зоні.

● тонкостінні елементи залізобетонних плит руйнуються до утворення пластичного шарніру, за рахунок крихкого сколювання або зрізу бетону стиснутої зони по похилих перерізах. Це відбувається внаслідок дії температурних напружень і нерівномірного прогрівання перерізу, а також під дією головних розтягуючих напружень від дії зовнішнього навантаження і температури.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.

2. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги.

3. Ільченко М., Гвоздь В., Рудешко І. Особливості конструктивних рішень захисних споруд цивільного захисту. Черкаси, НУЦЗУ ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля, 2022. 130 с.

4. Гвоздь В.М., Тищенко О.М., Поздєєв С.В., Шналь Т.М., Березовський А.І., Рудешко І. В., Сідней С. О. Розрахунок сталевих конструкцій будівель і споруд згідно з Єврокодом 3 та національними додатками України, Черкаси, ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021. 175с.

5. Тищенко О.М., Поздєєв С.В., Березовський А.І., Рудешко І.В., Сідней С.О. Стійкість будівель і споруд при пожежі, Черкаси, ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2019. 330 с.

УДК 614.8

КРИТЕРІЇ ОПИСУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЯК ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО ПРОЦЕСУ

Сидоренко В.Л., *д.т.н., професор,*
Демків А.М., *PhD., доцент*
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

Головне питання опису будь-якої надзвичайної ситуації (далі – НС) [1] як просторово-часового процесу, що відбувається на певному об’єкті підвищеної небезпеки (далі – ОПН), району, регіону полягає у виборі критерій опису розглянутого аварійного процесу та побудові його моделі, за допомогою якої можна буде досліджувати просторово-часову ситуацію: ранжувати вихідні події, задавати параметри обраної моделі, вивчити отримані вибірки тощо. Критерії, відповідно до яких буде описуватися процес виникнення і розвитку аварії та будуватися алгоритм, варто поділити на три групи, а саме:

– чітке визначення вихідної події, навколо якої буде формуватися НС;

– імовірність настання цієї події;

– ступінь зниження негативних наслідків після її настання.

Тут на етапі постановки конкретного завдання, формування вхідних і вихідних даних виникає питання, яка інформація потрібна в першу чергу. Як правило, виникає проблема, що прагнення врахувати якомога більше корисної інформації призводить до її надлишку. На практиці це призводить до засмічення, шумового окрасу отриманої інформації, на підставі якої буде прийматися управлінське рішення. Практика моделювання знає багато ситуацій, коли з певних критеріїв ключовими виявляються один-два, а спроби використовувати всі критерії тільки погіршує якість шуканого керуючого алгоритму.

Процес адаптації, вдосконалення критерій керуючого алгоритму іноді прийнято називати навчанням, а отримані результати в процесі моделювання – навчальної вибіркою. Якість керуючого алгоритму також визначають за кількістю помилок у навчальній вибірці. У міру збільшення числа критеріїв (і, відповідно, параметрів моделі) середня помилка на навчальній вибірці плавно убуває. У той же час середні помилки на незалежних контрольних вибірках спочатку зменшуються, доходять до мінімального екстремуму, а потім починають зростати. Це явище називають перенавчанням, коли у складних моделях надлишкові ступені свободи витрачаються на трансформацію помилок вимірювань і похибок моделі, а не на відновлення залежності досліджуваного процесу. Перенавчання – результат прагнення до досконалості, яке виникає у більшості практичних завдань у самих різних предметних областях. З урахуванням цих позицій критерієм опису НС є саме одна катастрофічна подія, яка може статися.

Розглянемо основні етапи розвитку НС. Виникнення і розвиток техногенних аварій, вибір критерію вихідної події, а також аналіз і опис конкретних аварій на ОПН дозволяє виділити основні 5 етапів виникнення і розвитку НС:

1) повсякденне й екстремальне накопичення небезпечних чинників;

2) виникнення вихідної події;

3) розвиток техногенної аварії;

4) локалізація і ліквідація аварії;

5) оцінка віддалених наслідків від аварії.

Накопичення негативних небезпечних чинників проявляється в підвищенні значення ймовірності вихідної події. Ця ймовірність має зростати і падати, вона може усвідомлюватися чи ні, обчислюватися або якісно оцінюватися керівництвом. Поки ці коливання не досягають критичного порогу в певний момент часу. Відбувається перехід

до другого етапу.

Другий етап визначається як перехід безпосередньо до аварійної ситуації. Його називають етапом екстремального розвитку НС. Суть його полягає в тому, що безліч чинників, які описують стан ОПН, зазначають на ньому зростання ризику виникнення НС, яке означає, що фактично він вийшов з ладу і його не можна використовувати. Настання другого етапу об'єктивно, але його ще необхідно усвідомити і почати діяти. Це початок екстремального (надзвичайного) управління, яке відбувається у певний момент часу. На цьому етапі можливо 5 типових випадків розвитку НС. *Перший*, коли починає розвиватися екстремальна ситуація, вжитими заходами всі передумови можливих аварій оперативно ліквідовуються в найкоротший проміжок часу. *Другий* сценарій НС носить назву оперативного. Він полягає у тому, що вжитими заходами ризик (ймовірність аварії) на ОПН залишається досить високий, але ситуація знаходиться під контролем, проте початкові причини залишаються завершеними. *Третій* варіант сценарію розвитку НС називають «балансуванням на межі». Фактично відбувається те, що комплексом вжитих заходів, зусиль і дій аварія на ОПН не відбувається. Подальшими діями НС зводиться до другого, а потім – першого сценаріям. *Четвертий* варіант – коли балансуванням на межі НС не вдалося стримати й аварійна подія все-таки наступає. *П'ятий* варіант розвитку НС називають невідворотним, коли лавиноподібний розвиток аварії такий, що вона станеться в будь-якому випадку.

Третій етап розвитку НС – це наступ самого аварійної події. Якщо воно швидкоплинно, наприклад, падіння літака на АЕС, час – відповідає часу катастрофи. Якщо ж воно тривале як лісова пожежа, то це час початку аварійної події. З моменту його початку воно проходить фази розвитку, апогею, загасання і припинення.

Четвертий етап – локалізація і ліквідація аварії, а також етап прогностичних заходів. Він характеризується ступенем зниження очікуваного збитку. Якщо аварійна подія швидкоплинна, то вона настає після третього етапу, а якщо аварійна подія носить тривалий характер, то четвертий етап, а саме, виконання прогностичних розрахунків, визначення необхідних сил і засобів для ліквідації аварії і безпосередньо ліквідаційні заходи виконуються в найкоротший термін. Цей етап може охоплювати проміжок часу від кількох годин до кількох днів. Він завершиться тоді, коли всі ознаки та наслідки аварії ліквідовані і немає ніякої загрози нормальному повсякденному життю і діяльності людей.

П'ятий етап – віддалені наслідки, що можуть проявлятися через десятки місяців або років (наприклад, у дітей батьків, які брали участь в ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи).

Сприйняття критерій опису НС як просторово-часового процесу дозволяє створювати алгоритми, що впливають на модельований аварійний процес і в подальшому впровадити та адаптувати ці алгоритми у практичну діяльність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій: Наказ МВС України від 06.08.2018 № 658. МВС України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0969-18#Text (дата звернення: 26.02.2025).

УДК 355.1

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ГЕНДЕРНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТРЕС-ФАКТОРІВ НА ОСОБИСТІСТЬ ДЕМІНЕРІВ НЕДЕРЖАВНИХ ОПЕРАТОРІВ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ УКРАЇНИ

***Скориніна-Погребна О.В.*[2]**, *д.соц.н, професор,*
***Ємел'янова І.В.*[2]**,
***Стрілець В.В.*[1]**, *к.т.н.*
[1]*Гуманітарна міжнародна організація The Halo Trust,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України*

Приблизно 139 300 квадратних кілометрів землі по всій Україні потребує обстеження на наявність наземних мін і вибухонебезпечних пережитків війни. Окрім величезних гуманітарних збитків від протипіхотних мін, обмеження діяльності на потенційно замінованих землях пригнічують сільськогосподарське виробництво та перешкоджають відновленню української економіки. Прискорення розмінування в Україні вимагає амбітного лідерства з боку всієї системи протимінної діяльності, у тому разі широкого залучення жінок-демінерів з метою забезпечення людських ресурсів в діяльності операторів гуманітарного розмінування. Необхідність урахування особливостей, у тому разі психологічних, професійної діяльності жінок-демінерів в процесі гуманітарного розмінування обумовлена також тим, що тільки з 1999 року до процесу гуманітарного розмінування стали залучатись жінки. Характерним прикладом цього є діяльність британської благодійної та американської некомерційної організації «THE HALO TRUST UKRAINE», де вони постійно працюють на різних посадах, у тому числі на посадах саперів (демінерів), починаючи з 2007 року.

Враховуючи це, задача підвищення ефективності гуманітарного розмінування недержавними операторами протимінної діяльності за рахунок урахування гендерних психологічних особливостей професійної діяльності демінерів є актуальною.

Для вивчення впливу стрес-факторів на особистість демінера недержавної гуманітарної організації було проведено дослідження серед фахівців HALO Trust Ukraine. Воно відбувалось шляхом анкетування під час особистої співбесіди на протязі кінця 2023 – початку 2024 року. Дослідження проводилось з дотриманням принципів етики та деонтології на основі інформованої згоди на участь у обстеженні.

Результати експертного оцінювання показали, що обрані стрес-фактори мають різну вагу щодо впливу на діяльність демінера. У зв'язку з цим показник ваги впливу кожного із обраних стрес-факторів в кожній із залучених груп експертів визначались як

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} s_{ij}}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} s_{ij}}, \qquad (1)$$

де s_{ij} – оцінка ваги i-го стрес-фактору, яку надав j-ий експерт залученої групи; n – кількість показників якості; m – кількість експертів в групі.

Тоді, з урахуванням середніх значень показника i-го стрес-фактору

$$\bar{s}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} s_{ij}}{m}, \quad (2)$$

узагальнена оцінка впливу стрес-факторів на діяльність демінера була розрахована як

$$S = \sum_{i}^{n} (\alpha_i \cdot \bar{s}_i) = \sum_{i}^{n} \left(\frac{\sum_{j=1}^{m} s_{ij}}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} s_{ij}} \cdot \frac{\sum_{j=1}^{m} s_{ij}}{m} \right), \quad (3)$$

Це дозволило не тільки визначити і проранжувати за впливом на діяльність демінера-жінки або демінера-чоловіка стрес-фактори, але й представити отримані багатофакторні залежності впливу стрес-факторів на діяльність демінерів у вигляді об'єднаної лепесткової діаграми залежностей впливу стрес-факторів на діяльність демінерів в процесі гуманітарного розмінування, яка наведена на рисунку.



Рис. 1. Об'єднана діаграма впливу стрес-факторів на діяльність демінера.

Порівняльний аналіз отриманих результатів показав, що для гуманітарного розмінування в Україні характерним є гендерна відмінність впливу стрес-факторів на діяльність демінерів від того, як про це стверджується в Guidelines «Gender-Sensitive Recruitmentand Trainingin Mine Action» Женевського міжнародного центру з гуманітарного розмінування. Так, там стверджується, що при розмінуванні з фізичними труднощами зіткнулися 8,8 % жінок порівняно з 9,9 % чоловіків. В той же час, отримані нами результати показують, що вага стрес-фактору роботи у важкому спорядженні у жінок (α_3(ж)=0,098>α_3(ч)=0,062) значно перевищує аналогічний показник у чоловіків. Аналогічна ситуація має місце і для інших стрес-факторів, а також мають місце суттєві відмінності узагальнених оцінка впливу стрес-факторів на діяльність демінера за результатами, які надали експерти-жінки та які надали експерти-чоловіки, S(ж)=4,428>S(ч)=4,001.

За отриманими результатами в доповіді наводяться конкретні практичні рекомендації щодо покращення психологічного забезпечення діяльності жінок-демінерів недержавних операторів протимінної діяльності.

УДК 624

АНАЛІЗ ІМОВІРНОЇ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ ЛЮДЕЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ТА ДИЗАЙН ПРОЕКТІВ ПРИМІЩЕНЬ

Скутін О.А.,
Балдук Г.П., *к.т.н.*
Одеська державна академія будівництва та архітектури

При розробці об'ємно-планувальних рішень, будівель й споруд, та дизайн проектів приміщень, надзвичайно важливо забезпечити можливість безпечної евакуації людей у разі виникнення надзвичайної ситуації, або їх безпечне переміщення у відповідне сховище.

Задля забезпечення ефективної безпечної евакуації людей потрібно проаналізувати й оптимізувати їх імовірні траєкторії руху, при цьому врахувати побажання замовника щодо об'ємно-планувальних рішень або дизайну приміщень, а також технічні можливості й вимоги діючих нормативно правових документів. Така робота, вимагає висококваліфікованих кадрів та часу.

Використання сучасних інформаційних технологій проектування будівель й споруд, спрощує задачу з аналізу імовірної траєкторії руху людей.

Позитивним прикладом в цьому випадку виступає програмний комплекс Revit (*далі за текстом - ПК Revit*) від компанії *AUTODESK*. В базових функціях вкладки «Аналіз» ПК Revit є можливість обрання інструменту «Траєкторія руху» [1]. Це доволі простий в використанні інструмент для користувача. Але він значно спрощує роботу по аналізу імовірної траєкторії руху людей.

Принцип дії інструменту «Траєкторія руху» полягає в вказанні на плані точки з якої людина повинна почати свій рух й точку де вона його закінчує. Програма автоматично проаналізує й побудує оптимальну траєкторію руху з урахуванням параметрів які вказує користувач. Слід зазначити, що обмежень по створенню кількості траєкторій руху не існує, їх можна будувати як в ручному режимі так й в автоматичному. Щодо параметрів які вказує користувач, то до них відносяться категорії моделі й їх розташування у просторі, які можна не вважати перешкодою при русі, або навпаки що слід вважати як перешкоду. Після побудови траєкторії руху, користувач одразу отримає набір даних в яких вказано: довжину траєкторії, розрахунковий час проходу від початкової до кінцевої точки траєкторії руху, швидкість з якою людина теоретично буде рухатись, рівень на якому побудовано дану траєкторію, й найменування приміщень в яких були розташована початкова й кінцева точка траєкторії руху. Усі данні з побудованих «Траєкторій руху» можна звести в специфікації, в яких їх можна відсортувати й відфільтрувати для зручності аналізу.

Наприклад, використовуючи інструмент «Траєкторія руху» користувач може побудувати декілька траєкторії руху з одного й того самого приміщення, вказавши різні точки початку руху, й залишивши без зміни кінцеву. Це дасть йому змогу проаналізувати, як саме обране розташування меблів, може вплинути на час евакуації людей з цього приміщення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Route Analysis. URL: https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/ENU/?guid= GUID-6E877A24-B52E-4039- 8F44-1FBABB156189

УДК 614.841

ВИЗНАЧЕННЯ ОСЕРЕДКУ ПОЖЕЖІ НА АВТОТРАНСПОРТІ

***Стежко Д.Є.*[1],**
***Підкопай М.Ю.*[2],**
Рашкевич Н.В.*[2], *PhD
[1]ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області,
[2]Національний університет цивільного захисту України

Пожежі, що виникають на автотранспортні, призводять до матеріальних збитків, а також створюють серйозну загрозу для життя та здоров'я людей. Вони можуть спричинити повне знищення транспортного засобу, а також пошкодження навколишніх об'єктів, інфраструктури чи навіть спричинити аварії на дорогах [1].

Основними причинами виникнення пожеж можуть бути несправності електрообладнання (коротке замикання, перевантаження, неякісні елементи), порушення експлуатації двигуна та паливної системи (витік палива, перегрів, іскріння), технічні несправності (перегрів гальм чи вихлопної системи), неправильне використання автомобіля (куріння, перевезення легкозаймистих матеріалів), зовнішні фактори (підпал, блискавка, нагрівання) та людський фактор (недбалість, ігнорування технічного обслуговування) [2].

Визначення осередку пожежі на автотранспорті можна здійснити за допомогою вимірювання струму розмагнічування однотипних холодно-штампованих виробів. Суть методики вимірювань полягає в оцінці глибини розвитку дорекристалізаційних і рекристалізаційних процесів у холодно-штампованих сталевих виробах при нагріванні в ході пожежі. Високі температури, які виникають у зоні займання, спричиняють зміну внутрішньої структури металу, що супроводжується перерозподілом доменів і зміною магнітних властивостей матеріалу. Це впливає на величину залишкової намагніченості виробу, а відповідно, і на значення струму, необхідного для її усунення.

Спосіб визначення зони найбільшого теплового впливу передбачає порівняння магнітних характеристик виробів, розташованих у різних частинах транспортного засобу з еталонними значеннями або між собою.

Вимірюваним параметром є величина струму розмагнічування (Нс, А/см) (табл. 1), яка фактично дорівнює величині напруженості магнітного поля. Значення вимірювання коерцитивної сили обернено пропорційна величині теплового впливу на виріб.

Таблиця 1. Результати вимірювань струму розмагнічування металевого капоту автомобіля

Порядковий номер точки виміру на схемі	Вимірювання № 1 ($Нс_{1)}$, А/см	Вимірювання № 2 ($Нс_{2)}$, А/см	Вимірювання № 3 ($Нс_{3)}$, А/см	Середнє арифметичне значення трьох вимірювань ($Нср_{)}$, А/см
1	4	3,9	4	4
2	5,3	5,2	5,2	5,2
3	4	4,1	4	4
4	5,5	5,4	5,5	5,4
5	4	4,1	4	4
6	5,5	5,4	5,5	5,4

7	3,7	3,8	3,7	3,7
8	5,3	5,2	5,2	5,2
9	4	4,1	4	4
10	4,6	4,7	4,6	4,6
11	3,7	3,8	3,7	3,7
12	3,7	3,6	3,7	3,6
13	3,3	3,2	3,4	3,3
14	4,5	4,3	4,4	4,4
15	4,3	4,3	4,2	4,2
16	3,7	3,8	3,7	3,7
17	3,0	3,0	2,9	2,9
18	3,0	3,0	2,9	2,9
19	3,2	3,1	3,1	3,1
20	3,7	3,6	3,7	3,6

У результаті проведених вимірювань струму розмагнічування металевих конструкцій автомобіля, встановлено, що найменші значення спостерігаються у точках № 17, 18, 19, що вказує на місце найбільшого теплового впливу та тривалої дії температури пожежі.

Отримані дані вимірювань струму розмагнічування дозволяють ідентифікувати зону найбільшого теплового впливу, що є критично важливим для встановлення причин займання, розробки рекомендацій щодо попередження подібних ситуацій у майбутньому, а також визначення відповідальності сторін у випадках судових розглядів. Крім того, ці дані можуть бути використані для аналізу динаміки поширення вогню, що сприяє вдосконаленню конструктивних рішень автотранспортних засобів у напрямку підвищення їхньої пожежної безпеки, оцінки ефективності вжитих протипожежних заходів, включаючи функціонування систем раннього виявлення загорянь і локалізації пожежі, а також для планування відновлювальних робіт, де знання точного осередку пожежі допомагає оцінити ступінь пошкоджень і визначити пріоритети відновлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н.В. Транспортні засоби як джерело пожежної небезпеки в аграрному секторі: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація», 16–17 травня 2019 р., м. Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка. С. 18–19.

2. Юрченко С.П. Особливості виникнення та джерела пожеж автомобільного транспорту, пожежна безпека колісного транспортного засобу. Науковий простір: актуальні питання, досягнення та інновації, 13 травня 2022 р., Хмельницький: МЦНД. С 254–256.

УДК 614.841

ОЦІНКА ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ НАДЗВИЧАЙНОЇ ПОДІЇ

***Стежко Д.Є.*[1],**
***Смірнов А.В.*[2],**
Рашкевич Н.В.*[2], *PhD
[1]*ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області,*
[2]*Черкаський державних технологічний університет*

У сучасних умовах підвищеної загрози надзвичайних подій, зокрема пожеж, техногенних аварій, військових дій, зростає потреба в оцінці пошкоджень будівельних конструкцій для забезпечення безпеки людей та збереження інфраструктури. Швидке та точне визначення ступеня термічного впливу на конструкційні матеріали дозволяє своєчасно приймати рішення щодо їх експлуатаційної придатності [1, 2], необхідності посилення чи демонтажу. Використання безконтактних методів моніторингу (тепловізійної діагностики), дає змогу оперативно отримувати дані про температурний стан будівельних елементів.

Об'єкт дослідження – будівельні конструкції, що зазнали впливу руйнівних факторів. Предмет дослідження – методи та критерії оцінки пошкоджень будівельних конструкцій на основі аналізу температурних характеристик, отриманих за допомогою безконтактних тепловізійних вимірювань.

Результати проведеного дослідження узгоджуються з науковими працями, присвяченими оцінці вогнестійкості будівельних конструкцій.

Дослідження [3] акцентує увагу на методах підвищення пожежної безпеки залізобетонних конструкцій завдяки використанню вогнезахисних покриттів. Отримані у даній роботі результати можуть бути використані для прогнозування поведінки захищених конструкцій у разі надзвичайної події, зокрема з використанням тепловізійного моніторингу.

Робота [2] присвячена впливу різних чинників на вогнестійкість перегородок із сендвіч-панелей, що узгоджується з дослідженням температурного впливу на будівельні матеріали. Визначені залежності теплового випромінювання матеріалів сприяють більш точному прогнозуванню ступеня пошкоджень сендвіч-панелей після пожежі або інших надзвичайних ситуацій.

У дослідженні [4] розглядається вогнестійкість сталевих конструкцій із вогнезахисним покриттям. Отримані у нашій роботі результати щодо теплового впливу на конструкції дозволяють удосконалити підходи до визначення ступеня пошкоджень сталевих елементів після пожежі.

Робота [5] присвячена моделюванню вогнезахисту світлопрозорих фасадних конструкцій із використанням зрошувачів. Запропонована в нашій роботі методика тепловізійного аналізу може бути застосована для контролю ефективності вогнезахисних систем у таких конструкціях, що сприятиме їх оптимізації та підвищенню рівня пожежної безпеки.

Для точного інтерпретування тепловізійних даних необхідно враховувати фізико-хімічні властивості будівельних матеріалів, що визначають їхню здатність до теплового випромінювання. Важливе значення має закон Стефана-Больцмана, згідно з яким інтенсивність теплового випромінювання пропорційна четвертому степеню температури матеріалу. Додатково слід ураховувати коефіцієнт випромінювання, який залежить від типу поверхні, ступеня її окислення та інших факторів.

Запропонований алгоритм аналізу температурного розподілу враховує як просторові, так і часові характеристики теплового впливу. Основними етапами є збір вхідних даних про матеріали конструкцій, умови впливу та граничні параметри дослідження, попередня обробка отриманих тепловізійних зображень, моделювання температурного розподілу за допомогою чисельних методів, просторовий аналіз для визначення зон підвищених температур, а також часовий аналіз для оцінки динаміки змін температурного стану.

Застосування тепловізійного аналізу дозволяє оперативно виявляти осередки займання. Дослідження показало, що максимальна температура 150 °C зафіксована у місці примикання стіни до стелі на відстані 10 метрів від правого ближнього кута виробничої будівлі. В інших напрямках температура поступово знижувалася, що вказує на напрямок поширення тепла та потенційний осередок займання.

Для оцінки ступеня пошкоджень будівельних конструкцій на основі отриманих температурних характеристик запропоновано критерії, зокрема температурний рівень впливу, тривалість термічного навантаження, зміни фізико-механічних властивостей матеріалів та ризик втрати несучої здатності конструкцій. Врахування цих показників дозволяє ухвалювати обґрунтовані рішення щодо експлуатації або необхідності посилення пошкоджених елементів.

Розроблена методика оперативного оцінювання пошкоджень будівельних конструкцій після надзвичайних подій включає кілька основних етапів: підготовку до обстеження та збір інформації про об’єкт, проведення тепловізійного сканування, аналіз отриманих даних, оцінку ступеня пошкоджень конструкцій та ухвалення рішень щодо необхідних заходів. Запропонований підхід забезпечує оперативність оцінки наслідків надзвичайних подій, зменшуючи ризики подальших руйнувань та підвищуючи рівень безпеки об’єктів та персоналу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Рашкевич Н.В., Тараненко І.С. Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахищених залізобетонних будівельних конструкцій. Комунальне господарство міст, 2023. Том 3, вип. 177. С. 134–141.

2. Данченко Ю.М., Качкар Є.В., Рашкевич Н.В. Дослідження впливу чинників на вогнестійкість перегородок із сендвіч-панелей. Комунальне господарство міст, 2023. Том 1, вип. 175. С. 145–150.

3. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Рашкевич Н.В., Майборода Р.І. Вогнестійкісті вогнезахищених залізобетонних конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2022. № 2(36). С. 102–122.

4. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Рудаков С.В., Томенко В.І.,Юрченко С.П. Вогнестійкість вогнезахищених сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об’єктів. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023. № 1(37). С. 282–292.

5. Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А., Балдук П.Г. Моделювання вогнезахисту світлопрозорих фасадних конструкцій з влаштуванням зрошувачів. Механіка та математичні методи. Одеса : ОДАБА, 2024. Том VI. № 2. С. 160–174. URL: https://doi.org/10.31650/2618-0650-2024-6-2-160-174

УДК 624.04

ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬЦЕВИХ ПЛАСТИН НА ЗМІННІЙ ПРУЖНІЙ ОСНОВІ

Сур'янінов М.Г., *д.т.н., професор,*
Крутій Ю.С., *д.т.н., професор,*
Кіріченко Д.О., *PhD,*
Клименко О.М.
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Математичною моделлю багатьох конструкцій, що застосовуються в різних галузях промисловості є кільцева плита або пластина на пружній основі. Це відноситься до будівельних об'єктів, і, зокрема, до фундаментних плит. Існує безліч варіантів різних моделей пружної основи. Найпростішою з них є модель Вінклера, іншими словами пружинна модель. Найскладнішим випадком є той, коли пружна основа є змінною. В свою чергу, вона подалі може нести загрозу руйнування конструкції пластини.

У кільцевій пластині постійної циліндричної жорсткості D, що лежить на змінній пружній основі, та перебуває під дією безупинно розподіленого довільного поперечного навантаження, будуть виникати внутрішні зусилля: радіальний згинальний момент M_r, окружний згинальний момент M_θ і радіальна поперечна сила Q_r (рис. 1)[1].

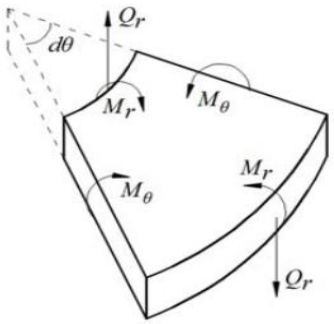


Рис. 1. Зусилля в кільцевій пластині.

За допомогою ПК ЛІРА-САПР було проведено дослідження вигину кільцевих пластин на змінній пружній основі з наступними розрахунками методом скінчених елементів. Для порівняння використовувався аналітичний метод прямого інтегрування. Розглянуто два варіанти: сталева плита, яка жорстко защемлена за внутрішнім контуром, а її зовнішній контур спирається шарнірно, та бетонна плита, яка жорстко затиснена по зовнішньому контуру, а її внутрішній контур закріплений шарнірно [2].

Сталева плита ($E = 2 \cdot 10^8$ кПа, $\mu = 0,33$) товщиною $h = 0,03$ м, зовнішнім радіусом $a = 0,9$ м, внутрішнім радіусом $b = 0,45$ м, яка перебуває під дією рівномірно розподіленого постійного навантаження $q = 30$ кПа – є жорстко затисненою за внутрішнім контуром, а її зовнішній контур спирається шарнірно. Коефіцієнт постелі змінюється за лінійним законом: $k(b) = 4000$ кН/м^3, $k(a) = 5000$ кН/м^3 (рис. 2).

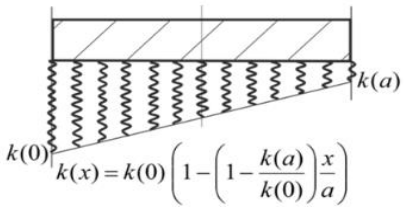


Рис. 2. Закон зміни коефіцієнту постелі для сталевої плити.

Паралельно із тим проводилося дослідження із бетонною плитою ($E = 1{,}5 \cdot 10^7$ кПа, $\mu = 0{,}167$) товщиною $h = 0{,}12$ м, зовнішнім радіусом $a = 1{,}8$ м, внутрішнім радіусом $b = 0{,}9$ м, яка перебуває під дією рівномірно розподіленого постійного навантаження $q = 80$ кПа. Плита жорстко затиснута по зовнішньому контуру, а її внутрішній контур закріплений шарнірно.

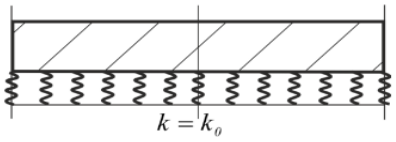


Рис. 3. Закон зміни коефіцієнту постелі для бетонної плити.

Коефіцієнт постелі є постійним: $k(r) = const = 5000\,\text{кН/м}^3$ (рис. 3)

Аналіз всіх результатів показує, що значення прогинів фактично збігаються при розрахунках кільцевої пластини авторським методом і методом скінчених елементів у ПК ЛІРА-САПР. Розбіжність значень згинальних моментів досягає близько 10 %. В другому розглянутому варіанті кільцевої плити — прогини, обчислені двома методами, практично не відрізняються один від одного, а максимальна розбіжність згинальних моментів тут трохи менше, чим у попередньому прикладі — 9,6 %. Можна сказати, що метод прямого інтегрування продемонстрував дуже високу точність при розв'язку численних завдань, що мають точний розв'язок. Розбіжність, яка отримана у значеннях згинальних моментів пов'язана з напівавтоматичною розбивкою скінчено-елементної сітки в ПК ЛІРА-САПР. Цей висновок ґрунтується на тому, що при згущенні сітки в окружному напрямку відбувається істотне зближення результатів, які були отримані за двома методами при визначенні радіальних і окружних згинальних моментів [2, 3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Krutii, Y.S., Surianinov, M.G., Karnaukhova, G.S. (2021). Calculation Method for Axisymmetric Bending of Circular and Annular Plates on a Changeable Elastic Bed. Part 1. Analytical Relations. Strength of Materials. 53(2). 247–257.

2. Городецький Д.А., Барабаш М.С., Водоп'янов Р.Ю. та ін. Програмний комплекс ЛІРА-САПР. 2015. Навчальний посібник. За ред. академіка РААСН О.С. Городецького.: Електронне видання. 2015. 376 с.

3. Surianinov, M., Kirichenko, D., Chuchmai, O., &Stashenko, M. (2024). BIM Technologies in Ukraine: State and Development Prospects. In Applied Mechanics and Materials. 924 173–179. Trans Tech Publications, Ltd. URL: https://doi.org/10.4028/p-4tcdif

УДК 624.04

МІЦНІСТЬ ФІБРОБЕТОНУ ПРИ КОРОТКОЧАСНИХ ТА ТРИВАЛИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Сур'янінов М.Г., *д.т.н., профксор,*
Крутій Ю.С., *д.т.н., професор,*
Осадчій В.С., *к.т.н., доцент*
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених показують, що сталефібробетон має значно кращі фізико-механічні характеристики порівняно з традиційним бетоном [1-4]. Підвищується міцність на вигин і розтяг, зменшується усадка бетонної суміші, запобігаючи розшарування, руйнування цементно-піщаного шару, утворення тріщин і відколів. Підвищується стійкість до ударів. Фібробетонні конструкції вже понад сто років широко застосовуються за кордоном, є позитивний досвід їх ефективного використання у вітчизняному будівництві. Конструкції можуть виготовлятися як з волокнистим, так і з комбінованим армуванням, якщо є волокнисто-стрижнева або дротяна арматура. Спектр застосування дуже широкий: монолітні конструкції - дороги, перенесення покриттів, промислові підлоги, вирівнювальні підлоги, мостові настили, зрошувальні канали, вибухозахищені споруди, дамби, вогнетривка штукатурка, ємності для води та інших рідин, оздоблення тунелів, просторові покриття та конструкції, ремонт монолітних конструкцій перекриттів, доріг та ін.; збірні елементи та конструкції - залізничні шпали, трубопроводи, балки, трапи, стінові панелі, покрівельні панелі та черепиця, плавучі докові модулі, морські споруди, вибухозахищені споруди, плити аеродромних, дорожніх, тротуарних і швельних кріплень, карнизи, палі, нагрівальні елементи, елементи просторових покриттів і конструкцій, вуличні аксесуари.

Обмежене використання сталефібробетону в нашій країні пояснюється дуже малою наявністю відповідної нормативної документації та вкрай малою кількістю експериментальних досліджень і публікацій, що їх описують, у нашій країні. У світі існує досить велика кількість публікацій про сталеву фібру та її властивості. У цих роботах порушено багато аспектів, пов'язаних з виробництвом і використанням сталевої фібри, в тому числі підбір складу дисперсного залізобетону. Вибір матеріалів для фібробетону і відсоток його складу повинен здійснюватися в залежності від практичного застосування. Характеристики сталефібробетону залежать від ряду факторів. Проте різні автори дають різні кількісні оцінки їх впливу, тому необхідні подальші дослідження.

Оскільки фібробетон є композиційним матеріалом, то при вивченні його фізико-механічних властивостей зазвичай мають місце два підходи, які зазвичай використовуються при роботі з композитами – феноменологічний і конструкційний. У першому випадку матеріал розглядається як певна ізотропна система, до якої застосовні методи механіки деформівного твердого тіла. При цьому характеристики матеріалу визначаються на основі лабораторних досліджень і випробувань з використанням методів теорії планування експерименту та математичної статистики. У другому випадку використовується структурний аналіз, який має на увазі вираження механічних характеристик матеріалу через аналогічні показники його компонентів, коефіцієнт армування волокном, тип і геометричні розміри волокна і т.д.

У нашій країні найбільшого поширення набув конструкційний підхід до дослідження властивостей фібробетону за аналогією із залізобетоном, який дозволяє визначати необхідні міцнісні та деформаційні характеристики за властивостями вихідних компонентів. Цей підхід є комплексним, залежить від багатьох факторів, але він також зручний при вирішенні завдань оптимального проектування фібробетонних конструкцій.

Феноменологічний підхід набув поширення в Європі та Америці. Світовий досвід проектування бетонних конструкцій показує, що застосування феноменологічного підходу у визначенні фізико-механічних властивостей фібробетону дозволяє максимально ефективно використовувати матеріал і проектувати раціональні бетонні конструкції.

Експериментальні дослідження включали два етапи. Метою першого етапу було визначення оптимальних характеристик сталефібробетонної суміші. Для цього визначали кубікову міцність сталефібробетону на зразках 100х100х100 мм. Змінювався відсоток дисперсного армування, який становив 0,5 %, 1,0 % та 1,5 %, а також розмір фракції великого заповнювача (щебеню) – при розмірі фракції ≤10 мм в одній серії випробувань і ≤20 мм – у другій. Одночасно визначали кубікову міцність звичайного бетону при однаковому розмірі крупного заповнювача. Усього було проведено 8 серій випробувань по 9 зразків у кожній.

Обробка результатів першого етапу випробувань показала, що оптимальними характеристиками сталебетонної суміші є матриця з великим наповнювачем 10 мм при 1,0 % фібрового армування, оскільки при більшому відсотку фібрового армування збільшення кубікової міцності було незначним. Ця композиція була прийнята до другого етапу випробувань. Для дисперсного армування використовували анкерне волокно з високоміцного дроту з тимчасовим опором 1335 МПа. Використане волокно виготовлено виробничим об’єднанням «Стальканат-Сілур» (Україна) відповідно до європейського стандарту EN14889-1:2006. Це найпоширеніший вид фібри, простий в обробці, не схильний до утворення «їжаків», добре тримається в бетоні.

Завданнями експериментальних досліджень другого етапу були: визначення кубікової та призмової міцності; вивчення зміни властивостей фібробетону в часі; визначення початкового модуля пружності та модуля деформації.

Для вирішення цих задач було випробувано 108 зразків фібробетону: 54 – з короткочасним навантаженням (27 кубів 100х100х100 мм і 27 призм 100х100х400 мм) і 54 – з тривалим навантаженням (в тій же пропорції). Одночасно випробували партію схожих за кількісним складом зразків бетону.

Куби бетону та фібробетону піддавали руйнуванню стисненням у випробувальній установці зі швидкістю навантаження, яка забезпечує підвищення розрахункового напруження в зразку до його повного руйнування.

Перед руйнуванням кубічних зразків сталефібробетону спостерігалися тріщини вздовж осі дії короткочасного стискаючого навантаження. Руйнування зразків сталефібробетону з 0,5 % дисперсного армування та звичайного бетону було крихким, а в разі армування 1,0 % та 1,5 % крихкого руйнування не спостерігалося.

Розвиток деформацій при тривалому навантаженні можна умовно розділити на 3 етапи. На першому етапі відбувається прискорена деформація. Деформації, що виникли за цей період, становлять майже 75 % від загальної кількості деформацій за весь період спостереження. На другому етапі деформація відбувається з відносно постійною швидкістю, тобто зростання деформації здійснюється практично за лінійним законом. При рівні навантаження 30 % стійка лінійна частина починається через 35–40 днів, при рівні 0,8 – через 65–70 днів. Виниклі на цьому етапі деформації становлять 20–23 % від їх загального розміру. І, нарешті, на третьому етапі швидкість зростання деформації практично наближається до нуля. Графік зміни деформації майже паралельний горизонтальній осі.

Призми із сталевого фібробетону, які пропрацювали 370 діб під впливом тривалого навантаження, підвищили несучу здатність залежно від рівня навантаження на 30–50 %. Чим вище рівень навантаження, тим вище довговічність. При перевантаженні до руйнування деформація сталеволоконних призм змінюється за лінійним законом. Це пояснюється тим, що в процесі тристадійного навантаження відбувалася подовжена перехідна повзучість бетону.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yu, R., van Beers, L., Spiesz, P., Brouwers, H.J.H. (2016). Impact resistance of a sustainable Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC) under pendulum impact loadings. Constr.Build. Mater. 107. 203–215. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.12.157.2

2. Wang, D., Shi, C., Wu, Z., Xiao, J., Huang, Z., Fang, Z. (2015). A review on ultra high performanceconcrete: Part II. Hydration, microstructure and properties. Constr. Build. Mater. 96. 368–377. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.095.3

3. Li P.P., Yu Q.L. Responses and post-impact properties of ultra-high performance fibrereinforced concrete under pendulum impact. Compos. Struct. 2019. Vol. 208. P. 806–815. URL: https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.10.071

4. Haksung Lee, Man Kwon Choi, Byung-Joo Kim. (2023). Structural and functional properties of fiber reinforced concrete composites for construction applications. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 125. 38-49. URL: https://doi.org/10.1016/j.jiec.2023.05.019

УДК 624.042

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ

Сур'янінов В.М.,
Нєутов С.П., *к.т.н., доцент*
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Водопропускні труби кільцевого перерізу є найбільш поширеним типом водопропускних труб і підходять для невеликих та середніх дренажних систем. Вони мають круглу або напівкруглу форму і найчастіше зводяться з використанням таких матеріалів як бетон, фібробетон, сталь або пластик.

Проведено експериментальні дослідження залізобетонних та фібробетонних труб на дію рівномірно розподіленого тиску, прикладеного зверху по всій довжині труби на смузі шириною 18 см, q=87,7 кН/м^2(бетон) та q=157,9 кН/м^2 (фібробетон). Переріз: зовнішній діаметр d_1=83 см, внутрішній – d_2=70 см. Товщина стінок – h=6,5 см. Довжина труби – l=150 см.

Зразки пропускних труб армовані поздовжньою арматурою класу А400С діаметром 8 мм (дев'ять стрижнів по всій довжині труби, розташовані на однаковій відстані один від одного). Товщина захисного шару складає 15 мм. Використовується бетон класу С20/25 (визначений за результатами механічних випробувань зразків кубів і призм, виготовлених одночасно із зразками труб). При виготовленні фібробетонних зразків до бетону додавалася сталева анкерна фібра об'ємом 1 % від загального об'єму бетону. З кожного замісу було випробувано по шість контрольних кубів розміром 100х100х100 мм і три призми розміром 100х100х400 мм, виготовлених при формуванні залізобетонних і фібробетонних зразків труб.

Випробування труб проводилися у два етапи: перший етап — попередні випробування на відкритому повітрі, другий етап — основні випробування у лабораторних умовах. Метою першого етапу було визначення орієнтовної несучої здатності залізобетонних і фібробетонних труб, а також візуальне спостереження характеру руйнування, в першу чергу — наявність або відсутність обвального руйнування труб і характер розльоту осколків, що дозволило зробити висновок про можливість безпечних випробувань у лабораторних умовах та необхідних для цього заходів. Для попередніх випробувань використовувався стенд, який раніше було розроблено на кафедрі будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури для випробувань плит [1–3].

Для проведення основних випробувань було спроектовано та виготовлено спеціальний стенд (рис. 1).

Розглядалися два види граничних умов: шарнірне спирання труби по кінцях та пружна основа у вигляді глини.

З метою отримання повної картини деформації на поверхні труби, що випробовується, закріплені індикатори годинного типу з ціною поділу 0,001 мм та прогиноміри. Крім індикаторів, на оболонку наклеєні тензометричні датчики, за допомогою яких відстежувалися максимальні деформації на поверхні труби.

При проведенні випробувань труб у лабораторних умовах, як і на першому етапі (попередні випробування), розглядалися два види граничних умов: шарнірне спирання труби по кінцях та пружна основа у вигляді глини.

Передбачена при проектуванні випробувального стенду блокова система навантаження дозволяє визначити несучу здатність, деформації на поверхні труби й відстежувати процес утворення та розвитку тріщин на всіх етапах навантаження з можливістю вимірювання ширини їх розкриття.

Під дією навантаження, що збільшується, спостерігалася зміна поперечного перерізу труб, яка особливо чітко проявилася при спиранні фібробетонних труб на пружну основу (рис. 2). У залізобетонної труби ця зміна виражалася в практично рівномірному зменшенні діаметра, а у фібробетонної труби мала якісний характер: кільцевий переріз набував форми еліпса, і до моменту втрати несучої здатності розмір еліпса по горизонтальній осі збільшився на 1,04 см.



Рис. 1. Стенд для випробувань.



Рис. 2. Зміна форми перерізу.

Несуча здатність фібробетонної труби виявилася в 1,43 разів більшою, ніж залізобетонної при шарнірному спиранні та в 1,47 більшою при пружній основі. Процес тріщиноутворення залізобетонної труби почався при навантаженні, що складало відповідно 47,6 % та 50,0 % від несучої здатності, при шарнірному спиранні та пружній основі. У фібробетонної труби аналогічні цифри складають 58,8 % і 53,3 %.

При обох варіантах граничних умов руйнування залізобетонної труби мало яскраво виражений крихкий характер. Руйнування фібробетонної труби мало в’язкий характер; повного руйнування труби не спостерігалося

ЛІТЕРАТУРА

1. Сур’янінов М.Г., Нєутов С.П., Корнєєва І.Б., Чучмай О.М. Експериментальні дослідження несучої здатності залізобетонної пустотної плити перекриття. Вісник ОДАБА, 2019. Вип. № 77. С. 103–114.

2. Сур’янінов М.Г., Нєутов С.П., Корнєєва І.Б. Експериментальні дослідження деформативності залізобетонної пустотної плити перекриття. Вісник ОДАБА, 2020. Вип. № 78. С. 52–62.

3. Surianinov, M., Neutov, S., Korneeva, I. (2020). Comparative analysis of strength and deformation of reinforced concrete and steel fiber concrete slabs. E3S Web of Conferences. 166. 06003. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016606003

УДК 614.8

ПОДАННЯ НОРМАТИВНОГО АКТА ЯК ОКРЕМОЇ ФУНКЦІЇ ТА СПОСОБИ ЇЇ ВИВЧЕННЯ

Тесленко О.О., *к.ф.-м.н., доцент,*
Борисенко В.Г., *к.ф.-м.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

У попередніх роботах [1–4] було показано, що будь-який нормативний акт мематичний алгоритм застосування нормативного акта виглядатиме так:

$$\vec{a} = E\left(\vec{f}\right), \tag{1}$$

де $\vec{a}$ – вектор критеріїв небезпеки, $\vec{f}$ – вектор факторів небезпеки, що відповідає небезпечному об'єкту, Е – оператор, що відповідає математичному алгоритму нормативного акта.

У роботах [1–3] було показано, що кожен компонент вектора критеріїв може бути представлений у вигляді кусково-гладкої функції з використанням методології описаної в цих роботах. Весь алгоритм нормативного акта може бути представлений одним числом, одержуваним із вектора критеріїв, згідно з тією ж методологією. Відповідно до розроблених алгоритмів позитивне значення функції відповідатиме застосуванню нормативного акта з результатом рішення про безпеку об'єкта, негативна про небезпеку об'єкта. Таким чином, застосування нормативного акта може бути зведено до обчислення значення однієї функції FE.

Вихідними даними цієї функції є стандартні вихідні дані для нормативного акта $\vec{f}$.

$$a = FE\left(\vec{f}\right), \tag{1}$$

де a – критерій небезпеки, FE – функція, що відповідає математичному алгоритму нормативного акта. Розглянемо нормативний акт [4]. Візьмемо ту частину алгоритму нормативного акта, що відповідає визначення належності виробничого об'єкта категорії А. При певної реалізації функції FE її графічне зображення виглядатиме так рис. 1.

Значення всіх вихідних даних приймемо константами крім трьох. Нижня межа поширення полум'я в об'ємних частинах (LFL), щільність газу (ρ) та коефіцієнт участі газу в горінні (Z). Таким чином, ми отримуємо тривимірний простір. У цьому тривимірному просторі кожна точка відповідає значенню функції, що відображають небезпеку виробничого об'єкта. Позитивне значення функції відповідає небезпечному об'єкту негативне – безпечному. Нульове значення функції відповідає межі небезпеки об'єкта.

Множина точок, що відповідає граничному значенню небезпеки виробничих об'єктів, позначена синьою поверхнею. Множина точок, що відповідає деякому значенню безпечних виробництв, позначена зеленою поверхнею. Множина точок, що відповідають деякому значенню функції небезпечних виробництв, позначено червоною поверхнею рис. 1. Функцію FE можна побудувати кількома способами. Залежно від способу побудови цієї функції її можна використовувати як метод визначення небезпеки об'єкта або як цільову функцію для оптимізації.

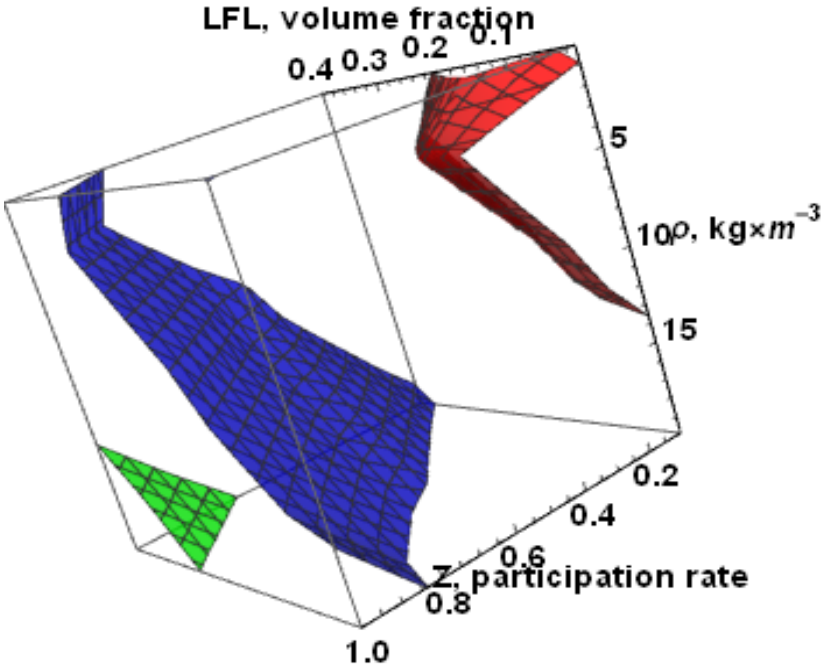


Рис. 1. Зображення, отримані за допомогою функції FE. Межа розділу простору з небезпечними та безпечними об'єктами: ρ – густина газу, кг·м$^{-3}$; LFL – нижня концентраційна межа поширення полум'я, об'ємна частка; Z - коефіцієнт участі газу в горінні; LFL – нижня межа поширення полум'я в об'ємних частинах. Червона поверхня відповідає значенню критерію небезпеки -10. Синя поверхня відповідає значенню критерію небезпеки 0. Зелена поверхня відповідає значенню критерію небезпеки 170.

Використовуючи функцію FE, можна додатково оцінити ступінь небезпеки виробництва, що не передбачені нормативним актом. Використовуючи її як цільову функцію, можна оптимізувати цей об'єкт безпеки. Вибираючи способи реалізації функції FE і використовуючи різні способи формування з неї цільової функції можна отримати різні способи оптимізації даного виробництва з точки зору безпеки. Існують інші можливості використання таких функцій.

ЛІТЕРАТУРА

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. 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. NUCPU. 36. 259–265.

3. 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. NUCPU. 37. 223–227.

4. 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 (Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Affairs of Ukraine, dated 15.06.2016 № 158, effective from 01.01.2017).

УДК 624.01(043.2)

АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ ЖИТЛОВИХ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО РУЙНУВАННЯ

Тимощенко А.В.,
Барабаш М.С., *д.т.н., професор*
Київський авіаційний інститут

Упродовж останніх років військові дії призвели до виникнення ситуацій, коли несучі конструкції піддаються впливу миттєвих інтенсивних динамічних навантажень, зокрема різних вибухових хвиль та пошкоджень уламками, які не були передбачені під час проєктування [1]. Щоб зменшити кількість аварійних ситуацій або мінімізувати збитки в умовах воєнних дій та впливу вибухових хвиль, важливим завданням є розробка ефективних підходів до дослідження та прогнозування стану конструктивних систем. Такі методи мають максимально забезпечувати їхню стійкість і безпеку, а також сприяти зниженню кількості людських жертв у разі руйнувань.

На сьогодні відсутній універсальний підхід до аналізу відмов конструктивних систем. Основні труднощі полягають у варіативності проєктних рішень, що унеможливлює створення єдиного алгоритму розрахунку. Це пов’язано передусім із тим, що поняття конструктивної системи є досить узагальненим, і неможливо створити єдиний алгоритм аналізу відмов для широкого класу об’єктів. Наразі дуже поширеним є поняття вільного проєктування, і всі конструктивні системи є різними. Одним із перспективних підходів є використання комп’ютерного моделювання, яке дозволяє аналізувати поведінку конструкцій під час критичних навантажень та оцінювати можливість перерозподілу зусиль [2].

При виникненні локальних пошкоджень або відмов конструктивних елементів може спостерігатися каскадне руйнування всієї будівлі [1]. Для запобігання цьому необхідно розробляти ефективні конструктивні рішення та застосовувати передові методи моделювання.

Для оцінки ризику руйнування необхідно враховувати важливість кожного елемента в загальній системі. Наприклад, втрата несучої колони нижнього ярусу може призвести до катастрофічних наслідків, тоді як відмова колони середнього поверху при грамотному проєктуванні може компенсуватися за рахунок перерозподілу зусиль.

Таким чином, важливим завданням на етапі проєктування є розробка конструктивних заходів, спрямованих на підвищення стійкості будівель до прогресуючого руйнування [1, 2]. Для оцінки ефективності запропонованих заходів у дослідженні використано програмний комплекс LIRA-FEM, що дозволяє імітувати сценарії розвитку аварійних ситуацій і визначати критичні елементи конструктивної системи.

Згідно з нормативними документами, конструктивним елементам або всьому каркасу призначаються різні рівні надійності. Стандартним рівнем надійності уніфікованих груп несучих конструкцій вважається такий рівень, за якого ризик аварії є прийнятним і класифікується як нормальний або гранично допустимий [3]. Нормальному рівню надійності відповідає значення Pi, за якого ризик аварії Ri залишається у межах природного рівня. Гранично допустимий рівень надійності визначається значенням Pj, що відповідає максимально допустимому рівню ризику Rj для даного об’єкта.

Нормальний ризик аварії об’єкта зумовлений параметричними впливами, тоді як гранично допустимий рівень спричиняють раптові нерегламентовані навантаження. Тому під час проєктування необхідно передбачати запобіжні заходи, що забезпечать безпеку об’єкта протягом визначеного періоду у разі виникнення аварійної ситуації [3].

У разі виникнення критичного навантаження в окремому елементі необхідно оцінити роботу конструктивної системи після його виключення та визначити її здатність

адаптуватися до змінених умов. За результатами аналізу слід встановити, чи відбувається перерозподіл зусиль у конструкції. Відсутність такого перерозподілу може спричинити аварійну ситуацію, що здатна призвести до руйнування значної частини або всієї будівлі. Щоб запобігти подібним наслідкам, необхідно передбачити проєктні заходи, спрямовані на підвищення стійкості конструктивної системи з урахуванням взаємодії її елементів [1, 2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Барабаш М.С., Костира Н.О., Максименко В.П Modeling of Building Structures Resistance to Collapse Failure from Explosive Impact Advances in Science and Technology, 2024. Vol. 156. P. 65–74.

2. Fatema-Tuz-Zahura, Jahidur Rahman, Sadia Afrin Anila. (2024). A Comparis on of Linear Static Progressive Collapse Analysis of a Typical R.C Framed Building with Various Geometry and Configuration of Column. Civil Engineering and Architecture. 12. 4. 3094–3114.

3. Suzuki, I., Wada, A., Ohi, K., Sakumoto, Y., Fusimi, M., & Kamura, H. (2003). Study on High-rise Steel Building Structure That Excels in Redundancy, Part II: Evaluation of Redundancy Considering HeatInduced by Fire and Loss of Vertical Load Resistant Members. Proceedings of the COB CTBUH International Conference on Tall Buildings. 251–259.

УДК 614.841

ОБСТЕЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ, ПОШКОДЖЕНОЇ ВНАСЛІДОК ПОТРАПЛЯННЯ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

Томенко В.І., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

З початку широкомасштабних бойових дій в Україні значна кількість будівельної інфраструктури, у тому числі заклади освіти, зазнали різного ступеня ушкодження. Враховуючи масштаб руйнувань, особливої актуальності набуває питання об'єктивної оцінки залишкової несучої здатності конструкцій, їх технічного стану та придатності до подальшої експлуатації.

Проведення технічного обстеження будівельних конструкцій у після аварійних умовах регламентується чинними нормативно-правовими актами, зокрема ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [1], ДБН В.1.2-14:2018 [2], Постановою Кабінету Міністрів України № 257 від 12.04.2017 р. [3], а також методичними рекомендаціями, затвердженими наказом [4].

Ураження будівельних конструкцій під впливом вибухової хвилі, уламкової дії та подальших пожеж призводить до комплексних дефектів як несучих, так і огороджувальних елементів. У разі громадських будівель (особливо шкіл), критичними є втрати несучої здатності та цілісності конструкцій, зокрема фундаментів, стін, перекриття, інженерних мереж, що становить безпосередню загрозу для життя та здоров'я людей.

Об'єкт дослідження – комплекс будівель, розташованих за адресою: м. Харків, вул. Шевченка, 220, що включає триповерховий і двоповерховий блоки з різним конструктивним виконанням Харківської спеціалізованої школи І-ІІІ ступенів № 134, яка зазнала ушкоджень унаслідок дії засобів ураження (рис. 1).



Рис. 1. Фасад будівлі школи № 134.

Предмет дослідження – методика обстеження технічного стану громадської будівлі, пошкодженої внаслідок потрапляння засобів ураження, для отримання достовірної інформації про фактичний технічний стан несучих та огороджувальних конструкцій.

Обстеження проводиться з метою обґрунтування рішень щодо подальшої експлуатації пошкодженого об'єкта, зокрема: підтвердження можливості подальшої безпечної експлуатації об'єкта; встановлення (обґрунтування) необхідності відновлення об'єкта; планування робіт з відновлення об'єкта; планування невідкладних протиаварійних робіт, консервації; обґрунтування прийняття рішення щодо припинення експлуатації; виконання робіт із демонтажу (ліквідації) об'єкта.

Обстеження об'єкту проводили у два етапи:

- 1 етап (Підготовка до проведення обстеження. Попереднє візуальне обстеження).

- 2 етап (Детальне інструментальне обстеження).

На 1-му етапі обстеження виконано такі роботи:

– ознайомлення з об’єктом обстеження, його об’ємно-планувальним та конструктивним рішенням, матеріалами інженерно-геологічних досліджень; збір та аналіз проектно-технічної документації; складання програми робіт з урахуванням погодженого із замовником технічного завдання;

– виконано візуальний контроль будівельних конструкцій. Особливу увагу приділено виявленню дефектів та пошкоджень, що впливають на безпечну експлуатацію будівельних конструкцій будівлі в цілому;

– складено схеми, відомості дефектів та пошкоджень. Виконано фотодокументування дефектів та ушкоджень (рис. 1).



Умовні позначення

	- чисельні осколочні пошкодження фасаду
	- вигоряння конструкцій фасаду
	- відшарування штукатурки до цегли
	- відшарування штукатурного оздоблення
	- відшарування штукатурного оздоблення до дранки
	- зруйновані елементи будівлі
	- тріщини по конструкціях будівлі
	- отвори закладені цеглою

Рис. 2. Пошкодження будівлі школи № 134.

На 2-му етапі обстеження проведено такі роботи:

– виконано обмірні роботи;

– виконано перевірочні розрахунки;

– виконано випробування елементів будівельних конструкцій із визначенням характеристик міцності конструкцій;

– виявлено ступінь та причини пошкоджень елементів будівельних конструкцій на основі даних натурного інженерного обстеження;

– за результатами обстеження встановлено категорію технічного стану будівельних конструкцій;

– розроблено технічні рекомендації щодо відновлення та підтримки експлуатаційної придатності/непридатності будівельних конструкцій із зазначенням можливості та умов проведення реконструкції та подальшої експлуатації;

– підготовлено висновок щодо технічного стану будівельних конструкцій будівлі.

Діагностичними показниками якості конструкцій та матеріалів під час обстеження є:

– дефекти та пошкодження несучих та огороджувальних конструкцій;

– геометричні параметри конструктивних елементів (перетин, висота, довжина);

– фізико-механічні характеристики матеріалів конструкцій.

Особливу увагу приділено дефектам та пошкодженням, що знижують експлуатаційну придатність:

– деформації;

– порушення геометричних розмірів;

– механічні пошкодження;

– дефекти та руйнування вузлових з'єднань;

– вогневі ураження.

Визначення категорії технічного стану конструкцій і споруди та об'єкта в цілому виконується відповідно до розділу 5 ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. При цьому, слід брати до уваги наявні аварійні пошкодження, а також інші дефекти та пошкодження, що утворились під час виготовлення, транспортування, монтажу, зведення та експлуатації та можуть знижувати експлуатаційні показники будівельних конструкцій та елементів інженерних систем об'єкта (з урахуванням класифікаційних ознак технічного стану конструкцій відповідно до додатку В ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016, а для сталевих конструкцій – ДСТУ Б В.2.6-210:2016).

Засоби технічного контролю та діагностики, що використовуються в процесі обстеження, повинні пройти метрологічну атестацію та мати атестат (сертифікат) відповідно до вимог ДСТУ. Під час проведення обстежень об'єкта використовуються такі методи:

• візуальне обстеження поверхні конструкцій, вузлів з'єднань;

• візуально-вимірювальний контроль будівельних конструкцій із використанням засобів вимірювання лінійних розмірів;

• контроль параметрів міцності бетону ультразвуковим методом та методом ударного імпульсу.

Обстеження виконувалось з застосуванням таких приладів та інструментів для проведення інструментального обстеження:

Механічні та лазерні вимірювальні прилади (рулетки, лінійки, штангенциркулі, мікрометри, щілиноміри, мікроскопи, градуйована лупи, щупи, тріщиноміри тощо):

- цифровий лазерний далекомір LEICA DISTO 210;
- штангенциркуль ДСТУ EN ISO 13385-1:2018;
- рулетки вимірювальні металеві ДСТУ 4179-2003;
- лупа;
- щілиномір, щупи;
- товщиноміри та стінкоміри індикаторні з ціною поділки 0,01 і 0,1 мм;
- молоток Шмідта.

Ультразвуковий неруйнівний контроль міцності й однорідності бетону та розчину методом ударного імпульсу:

- електронний вимірювач міцності бетону PROBETON.

Видалення зруйнованих шарів бетону та елементів обробки:

- молоток.

За результатами проведеного обстеження встановлено, що будівля зазнала критичних ушкоджень:

– повне руйнування перекриттів у триповерховому блоці;

– часткова руйнація залізобетонних плит у двоповерховому блоці;

– повне знищення дерев'яних елементів перекриття і покрівлі;

– наскрізні тріщини, сколи й раковини в зовнішніх і внутрішніх стінах;

– втрата цілісності внутрішніх перегородок;

– руйнування сходових клітин, покриття підлоги, опорядження фасадів;

– повна втрата функціональності інженерних систем (опалення, електропостачання, водопостачання, каналізація, вентиляція).

Згідно з відомістю дефектів, у триповерховому блоці загальний обсяг пошкоджених конструкцій перевищує 75 %. Найбільш небезпечні ділянки локалізовані у місцях руйнування дерев'яного перекриття, стін, сходів та покрівлі. Стан залізобетонних плит перекриття виявлено з ознаками утворення наскрізних тріщин, що свідчить про зниження несучої здатності.

Зовнішні та внутрішні стіни мають численні дефекти: тріщини, сколи, зсуви кладки. В окремих місцях виявлено відшарування опоряджувальних матеріалів, обвуглення елементів, викривлення несучих площин.

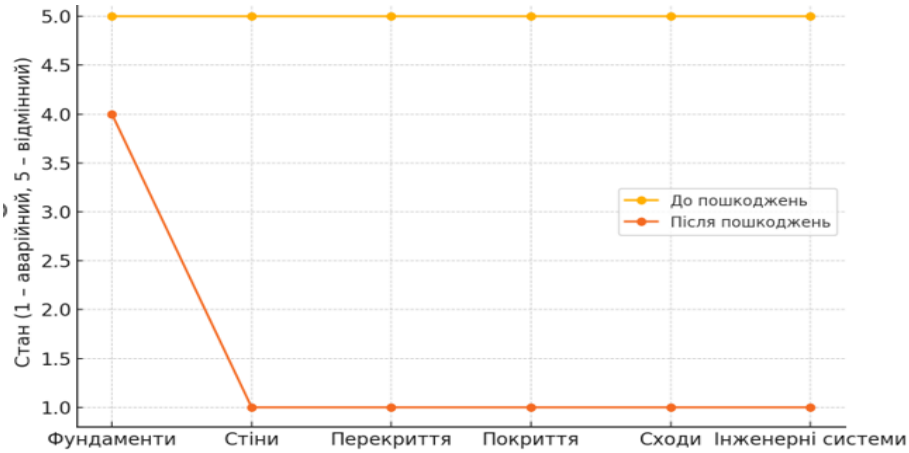


Рис. 3. Порівняння технічного стану основних конструктивних елементів.

Технічний стан будівлі класифіковано як аварійний (категорія II, ступінь «4» за ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [1]).

Встановлено, що будівля школи перебуває в аварійному стані і не підлягає безпечній експлуатації без виконання комплексу відновлювальних робіт. Всі несучі конструкції триповерхового блоку підлягають демонтажу або повному підсиленню. Двоповерховий блок потребує реконструкції з обов'язковим підсиленням конструкцій перекриття та стін. Підлягають повній заміні всі інженерні мережі, віконні та дверні блоки, внутрішнє і зовнішнє оздоблення.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 12.04.2017 № 257 «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об`єктів будівництва».
4. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06.08.2022 р. №144 про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів.
5. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики.
6. ДСТУ 4179-2003 Рулетки вимірювальні металеві. Технічні умови (ГОСТ 7502-98, MOD). Зі Зміною № 1 (ІПС № 6-2005).
7. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.

УДК 614.8

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Трубчанінов І.О.,
Антошкін О.А., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Автоматичні системи водяного пожежогасіння (АСВПГ) це комплекс технічних засобів, які призначені для виявлення факту виникнення пожежі та її гасіння без участі людини [1]. Основними документами, які регламентують процес проектування таких систем є [2, 3]. Ці документи визначають ряд вимог до систем пожежогасіння, які обов'язково необхідно враховувати під час їх проектування.

Площа, яка контролюється зрошувачем, це коло. Його радіус в явному вигляді визначається технічними характеристиками зрошувача і опосередковано нормативними вимогами. І саме розміщення зрошувачів та формування розподільчої мережі є етапом, який потребує найбільших витрат часу під час проектування систем водяного пожежогасіння.

Враховуючи конфігурацію зон контролю зрошувачів, можна провести аналогію між задачею формування розподільчої мережі АСВПГ та задачею формування шлейфів систем пожежної сигналізації [4–6]. Але особливості процедури формування розподільчої мережі, додаткові обмеження роблять ці дві задачі несхожими одна на одну. Розглянемо ці особливості.

Відповідно до термінології, яка прийнята при розв'язанні задач геометричного проектування [7], позначимо область, що контролюється зрошувачем, S_i (i=1, …, n). А область, яка підлягає захисту АСВПГ, T_0. Отже, задача проектування розподільчої мережі АСВРГ може бути представлена як задача покриття [7]. У загальному випадку область T_0 багатозв'язна (враховуючи можливі зони заборони на розміщення зрошувачів та прокладання трубопроводів розподільчої мережі) і обмежена відрізками прямих або дугами окружностей. Тоді у теоретико-множинному вигляді модель задачі може мати вигляд

$$\{T_0 \cap \ (\cup_{i=1}^{n} S_i) = T_0, n \ \rightarrow \ min, l \ \rightarrow \ min. \qquad (1)$$

В чому ж полягають особливості задачі формування оптимізованої за складом розподільчої мережі АСВПГ. По-перше, при розміщенні зрошувачів слід врахувати, що методи нерегулярного розміщення об'єктів [7] не можуть бути використані. Це обумовлено тим, що нерегулярна схема розміщення зрошувачів тягне за собою надскладний монтаж трубопроводів розподільчої мережі АСПЗ. На відміну від дротових ліній в системах пожежної сигналізації. Тому зрошувачі можуть бути встановлені тільки за решітчастою схемою (або комбінацією кількох решіток) [8].

По-друге, навіть регулярне розміщення зрошувачів в приміщеннях складної форми або тих, що мають зони заборони (колони, пілони, перегородки тощо), необхідно виконувати з урахуванням того, що стандартні трубопровідні фітинги, на відміну від електричних дротів, забезпечують зміну напрямку трубопроводу на 45 або 90^0.

До додаткових обмежень задачі проектування розподільчої мережі АСВПГ, в першу чергу, відносяться нормативні обмеження на максимально припустимі відстані між зрошувачами ($r^+_{зрош}$) та від зрошувача до стіни ($r^+_{ст}$) [3]. Також слід враховувати, що зрошувачі це фізичні об'єкти, які моделюються не крапками, а колами, радіуси яких

відповідають фактичним розмірам зрошувачів. Відповідно центри кіл, що моделюють зони зрошення, не повинні знаходитись один від одного на відстані, що менше ніж r.

Отже, задача проектування розподільчої мережі автоматичних систем водяного пожежогасіння може бути розглянута як задача покриття багатозв'язної області колами однакового радіусу з додатковими обмеженнями нормативного та технологічного характеру. При цьому кількість покриваючих кіл (зрошувачів) та довжина з'єднувальних ліній (трубопроводів) повинна бути мінімальною. Схема розміщення зрошувачів, з метою спрощення монтажних робіт, приймається регулярною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'янко О.А., Антошкін О.А., Бондаренко С.М., Дурєєв В.О., Литвяк О.М., Мурін М.М. Сучасні засоби автоматичного пожежогасіння: навч. посібник. Х.: УЦЗУ, 2008. 181 с. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8497

2. Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5–56–2014 [Чинний від 2015-07-01]. К.: ДП «Укрархбудінформ». 2014. 127 с.

3. Стаціонарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування (EN 12845:2004+A2:2009, IDT) : ДСТУ Б EN 12845:2011. [Чинний від 2011-07-12]. К. : Мінрегіон України, 2011. 218 с.

4. Антошкин А.А. Один из подходов к формализации задачи размещения пожарных извещателей. Проблеми пожарной безопасности, 1998. № 3. С. 21–24. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3018

5. Antoshkin, O., Pankratov, O. (2016). Construction of optimal wire sensor network for the area of complex shape. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 6. 4(84). 45–53. DOI:10.15587/1729-4061.2016.86171

6. Антошкін О.А., Нешпор О.В. Розробка засобу автоматизації проектування шлейфів пожежної сигналізації з оптимізованим складом. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023. Вип. № 37. С. 203–218. DOI: https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-37-15

7. Стоян Ю.Г., Яковлев С. В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. Киев. : Наук. думка, 1986. 267 с.

8. Панкратов А.В., Пацук В.Н., Романова Т.Е., Антошкин А.А. Метод регулярного покрытия прямоугольной области кругами заданного радиуса. Радиоэлектроника и информатика, 2002. № 1(18). С. 50–52. URL:http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1222

УДК 624.012.4

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ НА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННІ ПЛИТИ З ГОФРОВАНИМ ПРОФІЛЕМ

Федченко С.М., *PhD,*
Нуянзін О.М., *д.т.н., професор,*
Степаненко В.О.,
Ведула С.А.,
Федченко І.В.
Національний університет цивільного захисту України

В роботі було проведено комп'ютерне моделювання з нагрівання горизонтально розмішеної сталезалізобетонної плити із аналізом температурних розподілив на зовнішній поверхні гофрованого стелевого профілю та порівняно з отриманими результатами при ком'ютерному моделюванні з нагрівання аналогічної сталезалізобетонної плити вертикально розміщеної у модульній малогабаритній вогневій печі [1].

Створену 3-D модель аналогічно до описаної у роботі [1] було імпортовано у середовище програмного комплексу CFD. Для вирішення теплотехнічної задачі були використані математичні (обчислювальні) методи, засновані на вирішенні систем диференціальних рівнянь безперервних середовищ як рівняння Нав'є-Стокса та рівняння теплопровідності Фур'є.

Нагрів камери змодельованої печі відбувався так, щоб по можливості точно було забезпечено стандартний температурний режим пожежі [2].

Для контролю показників температури у досліджуваному зразку та у камері вогневої печі термопари були розташовані таким чином, щоб можна було дослідити температурні розподілення на необігрівній стороні гофрованого профілю сталезалізобетонної плити, а саме: на плоских ділянках гофрованого профілю – 5, на зігнутих ділянках гофрованого профілю – 4, в товщі шару бетону, що прилягає до гофрованого профілю – 3 та для контролю температури в камері вогневої печі – 2.

На рисунку 1 наведені графіки температурного розподілу у різних частинах зовнішньої поверхні гофрованого профілю сталезалізобетонної плити горизонтального розміщення.

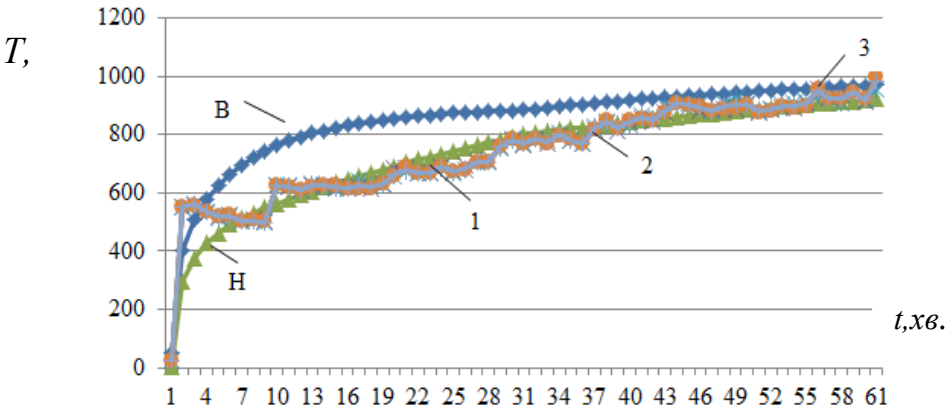


Рис. 1. Дані прогрівання поверхні гофрованого профілю: 1 – середня температура у верхній частині; 2 – середня температура у середній частині; 3 – середня температура у нижній частині; В, Н – верхня та нижня межі стандартного температурного режиму.

Під час комп'ютерного моделювання з нагрівання горизонтально розмішеної сталезалізобетонної плити розподіл температур по зовнішній поверхні гофрованого профілює рівномірним, відхилення температури у різних місцях поверхні не перевищує 7 %. Максимальна температура на обігрівальній поверхні досліджуваного зразка на останній хвилині комп'ютерного моделювання досягла 921 ºС, а середня температура в цей момент часу по усій поверхні конструкції складала 917 ºС.

Для визначення доцільної орієнтації досліджуваного зразка при проведенні випробувань було проведено порівняння отриманих температурних розподілів на зовнішній поверхні гофрованого профілю горизонтально розміщеної сталезалізобетонної плити з температурними розподілами на зовнішній поверхні гофрованого профілю вертикально розміщеної сталезалізобетонної плити, що наведені у роботі [1]. Результати порівняння наведені на рис. 2.

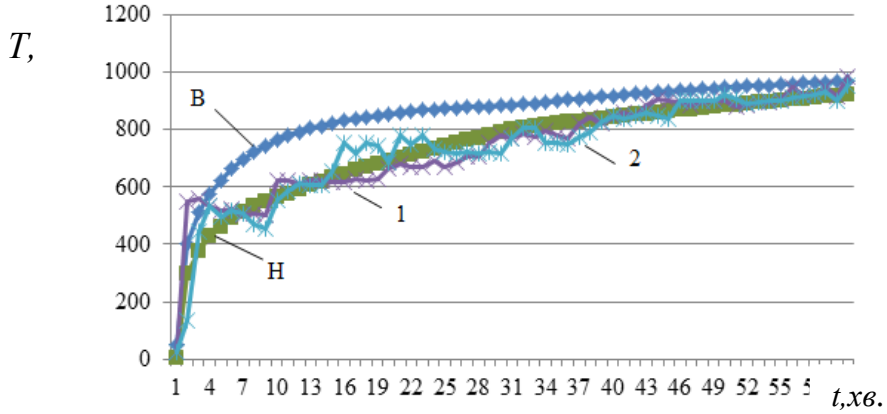


Рис. 2. Середня температура поверхні гофрованого профілю сталезалізобетонної плити: B, H – верхня та нижня межі стандартного температурного режиму; 1 – середня температура поверхні гофрованого профілю горизонтально розміщеної сталезалізобетонної плити; 2 – середня температура поверхні гофрованого профілю вертикально розміщеної сталезалізобетонної плити.

Дослідження проведені у даній роботі доводять, що розподіл температур по поверхні гофрованого профілю є рівномірним не залежно від орієнтації у просторі. Отримані дані показують позитивну відтворюваність результатів експерименту під час комп'ютерного моделювання.

Отже, існує можливість не враховувати орієнтацію (вертикальну чи горизонтальну) досліджуваних елементів сталезалізобетонних плит з гофрованим профілем під час їхнього нагрівання у модульній малогабаритній вогневій печі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Степаненко В.О. Дослідження впливу конфігурації малогабаритної вогневої установки на рівномірність нагрівання поверхні сталезалізобетонної плити. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2024. 1 (2(18)). С. 4–12. URL: https://doi.org/10.33269/nvcz.2024.2(18).4-12

2. ДСТУ EN 1363-2:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 2. Альтернативні і додаткові процедури (EN 1363-2:1999, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=103325

УДК 614.8

ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ТРАНСПОРТУВАННЯМ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Фенько Р.Г.,
Афанасенко К.А., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Українська газотранспортна система – це розгалужена мережа об'єктів, які забезпечують зберігання та транспортування газу від місць газовидобутку до споживачів. Сьогодні вона є другою за потужністю в Європі, Українська ГТС як великий оператор здатна забезпечити стабільний транзит природного газу через територію країни до Центральної та Західної Європи. Газотранспортна система є частиною загальноєвропейської газової мережі, яка з'єднана з операторами Угорщини, Польщі, Румунії, Словаччини, Молдови.

Система транспортування газу складається з:

– газопроводів різних типів (магістральні, розподільні, перемички);
– підземних сховищ газу;
– газорозподільних станцій;
– газорегуляторних пунктів;
– компресорних станцій;
– ділянок підводів та відводів.

Складна газотранспортна система України розрахована на виконання повного комплексу операцій з видобутку, зберігання, транспортування та розподілу газу. На складних ділянках встановлені гідротехнічні споруди, що унеможливлюють пошкодження трубопроводів під впливом води.

Магістральні газопроводи є надзвичайно вибухонебезпечними об'єктами. Маса викиду природного газу в разі аварій на магістральних газопроводах може перевищувати 1100 т. Аварійний викид газу на одному магістральному газопроводі може викликати пошкодження сусідніх газопроводів внаслідок вибуху газоповітряної хмари.

Викиди природного газу при експлуатації об'єктів газотранспортної системи можна поділити на:

– організовані – які виконуються уразі необхідності службовим персоналом чи автоматикою об'єкта або викиди газу передбачені технологічним процесом;

– не організовані – вихід газу в наслідок порушень приладів чи газопроводів транспортної системи.

За розрахунками у результаті аварії на лінійній частині газопроводу, залежно від місця розриву і часу закриття найближчих кранів (засувок), а також довжини ділянок між лінійними кранами при розрахунковому тиску 5,4 МПа може бути викинуто близько 620 тон газу.

Пожежі газів дуже небезпечні: температура полум'я сягає 1500–1800 ^{o}C, а висота факела 60–200 м. Потужність випромінювання цих пожеж така, що навколо загоряються всі горючі матеріали.

Утворення зони загазованості під час аварій у газотранспортній системі має дуже обмежені розміри, що викликане високою інтенсивністю витікання газу, його високою летучістю та малим часом витікання. В разі розгерметизації ділянки трубопроводу в 90 % випадків відбувається викид газу через малий отвір діаметром 8–25 мм у стінці труби до моменту усунення витоку і тільки в 10 % випадків – повний розрив труби. У більшості випадків джерелом займання служать іскри, що утворюються від каменистих включень ґрунту (галька, щебінь) або фрагментів самої труби, які вибиваються потоком газу. Імовірність загорання газу і сценарії самої пожежі значною мірою залежать від

особливостей укладання трубопроводу в ґрунті і від положення осі трубопроводу щодо поверхні в місці розриву. У залежності від типу ґрунту будуть реалізовуватися два сценарії: витікання і горіння газу:

– Перший сценарій – коли руйнування трубопроводу відбувається в щільних ґрунтах типу глин, суглинків.

– Другий сценарій – характерний для руйнування трубопроводу в заплавах річок або торфованих ґрунтах.

В разі руйнування трубопроводу із загоранням газоповітряної суміші формується відносно слабка і швидко загасаюча хвиля надлишкового тиску, що не може спричинити сильних руйнувань і загибелі людей. Від впливу прямого вогню і полів теплового випромінювання можуть зайнятися сухе листя, трава, торф, деревина, внаслідок чого може виникнути низова пожежа, здатна поширитися на значні відстані і призвести до серйозного ушкодження і знищення деревостою, загорання торфовищ тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Газотранспортна система України. URL: https://gaszbut.com.ua/blog/gazotransportna-sistema-ukraini

2. Довідник працівника газотранспортного підприємства / За заг. ред. А.А. Рудніка. Київ: Росток, 2001. 1091 с.

3. Мандрик О.М. Розвиток наукових основ підвищення рівня екологічної безпеки при транспортуванні природного газу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / О.М. Мандрик. Івано-Франківськ, 2013. 40 с.

УДК 614.84

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПОЖЕЖІ В ПРИМІЩЕННІ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Фещук Ю.Л., *к.т.н., ст. досл.,*
Ніжник В.В., *д.т.н., професор,*
Циганков А.О.
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України

Питання економічної доцільності оснащення приміщення базової станції мобільного зв'язку все частіше піднімається провідними операторами мобільного зв'язку. З однієї сторони на це впливає статистика виникнення пожеж на таких об'єктах, збитки що спричиняються у разі спрацювань автоматичної (автономної) системи пожежогасіння, в тому числі хибних, вартість обслуговування таких систем протягом року. З іншої сторони, згідно [1] приміщення базових станцій та ретрансляторів мобільного зв'язку, які розміщені в окремо розташованих спеціальних будинках та спорудах, призначених лише для розміщення телекомунікаційного, електротехнічного обладнання базової станції мобільного зв'язку повинні обладнуватися автономними системами пожежогасіння локального застосування. У зв'язку з цим, виникла необхідність дослідження пожежної небезпеки приміщення базової станції мобільного зв'язку.

Вивчення особливостей пожежної небезпеки розглянуто в роботах [2–4]. Разом з цим, науковцями не надано обґрунтування щодо пожежної небезпеки телекомунікаційного та електротехнічного обладнання, не досліджено вплив ймовірної пожежі за межі такого приміщення.

Мета роботи – дослідити поведінку телекомунікаційного та електротехнічного обладнання приміщення базової станції мобільного зв'язку в умовах пожежі та можливість її розповсюдження за межі такого приміщення у випадку відсутності системи автоматичного (автономного) пожежогасіння.

На основі аналізу телекомунікаційного та електротехнічного обладнання приміщення базової станції мобільного зв'язку встановлено складові його частини, що можуть становити найбільшу пожежну небезпеку та підлягають дослідженню.

На основі аналізу нормативних документів [5–9] запропоновано критерії для оцінювання пожежної небезпеки базової станції мобільного зв'язку.

Контроль температури здійснювався за допомогою термопар хромель-алюмелійових типу ТХА в наступних точках: Т1 шафа електроживлення PSS СГЖ; Т2 акумуляторні батареї 12V 100 А шафи PSS СГЖ; Т3 над елементами системного модуля, модуля живлення шафи 19" RAN19; Т4 на підлозі посередині; Т5 над елементами стійки систем передач СПП; Т7 над обігрівачем (600 Вт); Т8 над внутрішнім блоком кондиціонера; Т9 на коробі проходження кабелів; Т10 на щиті ввідно-розподільчому; Т11–Т14 по середині поверхні зовнішніх стін приміщення.

Дослідження проводились відповідно до процедури визначеної в [10]. Суть якої полягала в прикладанні випробувального полум'я до визначених елементів телекомунікаційного та електротехнічного обладнання приміщення базової станції мобільного зв'язку за допомогою пальника потужністю 1 кВт протягом 30 с за процедурою передбаченою в [9], відведення пальника, фіксації значення температур в контрольних точках вимірювання за допомогою термопар та тепловізора. Температурні показники, отримані від пожежі, спричиненої займанням акумуляторних батарей (АБ) подано у вигляді графіку на рисунку 1.

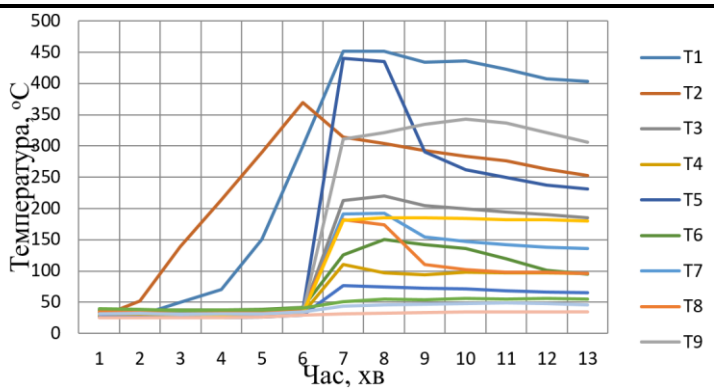


Рис. 1. Залежності температури від часу в контрольних точках базової станції мобільного зв'язку отримані під час експерименту із займання АБ.

Висновок. Під час займання найбільш пожежонебезпечного обладнання – АБ, пожежа розповсюдилась по всьому приміщенню базової станції з подальшим нагріванням поверхні зовнішньої стіни до температури 80 °С, що не перевищила критичну. Таким чином поширення пожежі за межі приміщення не відбулося. У зв'язку з цим встановлення автоматичної (автономної) системи пожежогасіння для такого приміщення з метою недопущення пожежі за його межі недоцільне.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

2. Hamidovic, H., & CIA, I. (2014). Fire protection of computer rooms-legal obligations and bestpractices. ISACA Journal. 4. 1–3.

3. Góis, J. G. G. (2022). Autonomous Protection of Infrastructure Against Forest Fires (Master'sthesis).

4. Ніжник В.В., Михайлов В.М., Фещук Ю.Л., Циганков А.О., Несенюк Л.П. Особливості та перспективи обладнання приміщень базових станцій мобільного зв'язку автоматичними і автономними системами пожежогасіння. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2024. № 2 (18). С. 13–24.

5. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

6. Правила пожежної безпеки в галузі зв'язку (НАПБ В.01.053-2016/520).

7. ДСТУ EN 60695-1-10:2018 «Випробування на пожежну небезпеку. Частина 1-10. Настанова щодо оцінювання пожежної небезпеки електротехнічних виробів. Загальні методичні рекомендації (EN 60695-1-10:2017, IDT; IEC 60695-1-10:2016, IDT)».

8. ДСТУ EN 60695-10-3:2022«Випробування на пожежну небезпеку. Частина 10-3. Ненормальнее нагрівання. Випробування деформації на зняття напруги прес-форми (EN 60695-10-3:2016, IDT; IEC 60695-10-3:2016, IDT)».

9. ДСТУ 3987-2000 Випробування на пожежну небезпеку електротехнічних виробів. Частина 2. Методи випробувань. Розділ 4/0. Методи випробувань полум`ям дифузійного та попередньо змішаного типів (IEC 60695-2-4/0:1991).

10. Програма та методика експериментальних досліджень поширення полум'я по телекомунікаційному, електротехнічному обладнанню базової станції мобільного зв'язку та температурного впливу пожежі в приміщенні базової станції на температуру її зовнішніх стін. ІДУ НД ЦЗ. Київ. 2024. 20 с.

УДК 351.862

РОЗРАХУНОК ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ З ОПЕРАЦІЙНОГО БЛОКУ КЛІНІЧНОЇ ЛІКАРНІ

Цвіркун С.В., *к.т.н., доцент,*
Мельник В.П., *к.т.н., доцент,*
Удовенко М.Ю.
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний заклад охорони здоров'я зазвичай нагадує досить складний та великий за площею комплекс приміщень, де всередині перебувають зовсім різні за можливістю адекватно діяти в умовах надзвичайної ситуації групи людей, включаючи й нетранспортабельних.

Під час пожеж у закладах охорони здоров'я можливі:

– наявність категорії людей (хворих) з непередбачуваною поведінкою;
– виникнення паніки;
– наявність людей з обмеженими фізичними можливостями;
– наявність людей, у яких стресова ситуація може викликати погіршення здоров'я;
– наявність безперервних процесів (операцій, реанімаційних процесів тощо) та нетранспортабельних хворих та інше.

Провівши попередній аналіз було прийняте рішення провести розрахунки настання небезпечних чинників пожежі в приміщенні з осередком пожежі в побутовій кімнаті. Для визначення небезпечних чинників пожежі був використаний програмний комплекс Pyrosim [6], а моделювання часу евакуації програмним комплексом Pathfinder [6], який реалізує індивідуально-потокову модель руху людей під час евакуації [3].

Провівши аналіз об'ємно-планувальних рішень, було прийняте рішення провести розрахунки часу евакуації та настання небезпечних чинників пожежі в будівлі за наступним сценарієм. Розрахункова кількість працівників 10 осіб, пацієнтів 2 особи. Загалом 12 осіб (з них 2 особи МГН М4, 1 особа на ліжку, 1 особа на кріслі-каталці. Всі пересуваються за допомогою молодшого медичного персоналу). Осередок пожежі: Приміщення № 11 – Технічне приміщення для зберігання деззасобів, витратних матеріалів, постільної білизни, приміщення сестри-господарки. Пожежна навантага «Підсобні та побутові приміщення»: нижня теплота згоряння 14 МДж/кг; лінійна швидкість розповсюдження полум'я 0,004 м/с; питома масова швидкість вигоряння 0,013 кг/м^{2}с; димоутворююча здатність 53 Нпм^2/кг; споживання кисню 1,61 кг/кг; виділення вуглекислого газу 0,642 кг/кг; виділення чадного газу 0,032 кг/кг.

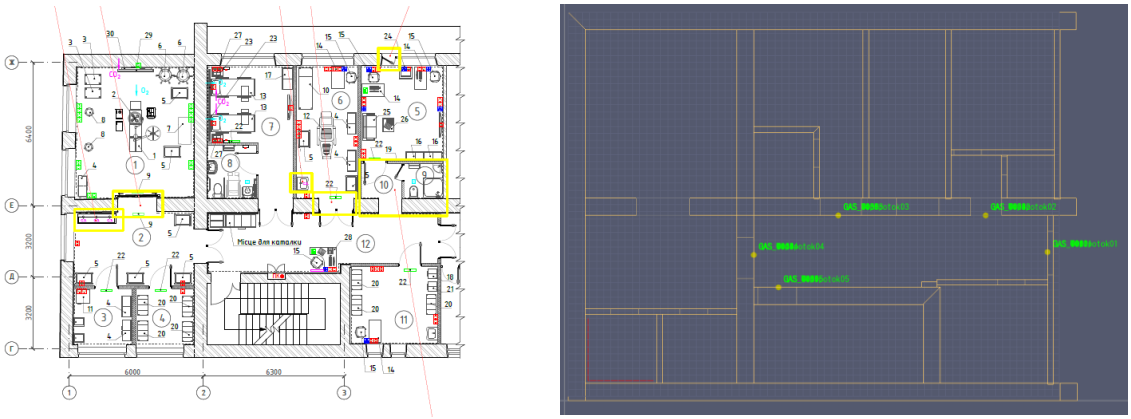


Рис. 1. План поверху та місце розташування датчиків, що вимірюють НЧП.

При отриманні графічних і аналітичних результатів розрахунку полів НЧП місця розташування розрахункових точок брались в місцях найбільш тривалого перебування людей за відповідним сценарієм.

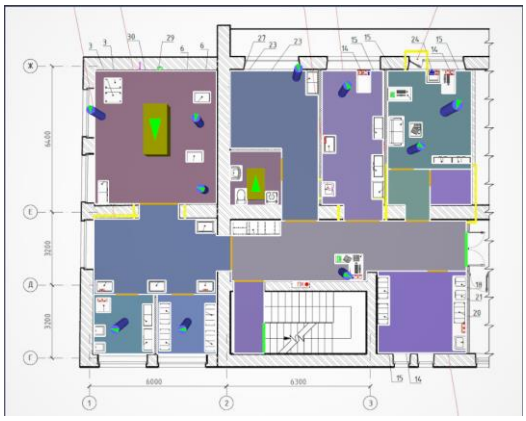


Рис. 2. Розташування людей на початку евакуації.

Площа горизонтальної проекції особи що пересувається на інвалідному ліжку 0,96 м^2. Для особи яку транспортують площа горизонтальної проекції становить 1,58 м^2 . Площі горизонтальної проекції дорослих людей (одяг літній) 0,1 м^2. Час початку евакуації з приміщення пожежі визначено відповідно до формули (А27) становить 7 с. (так як всі приміщення мають прозорі двері) [3].

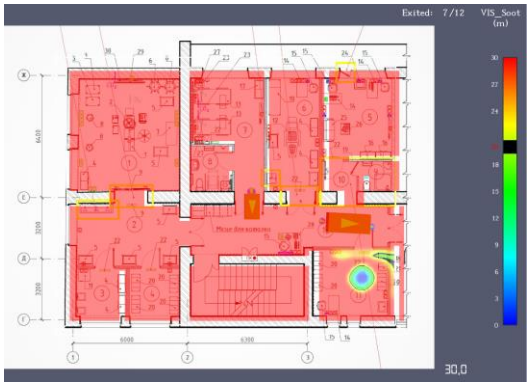


Рис. 3. Евакуація людей станом на 30 с.

Червоним кольором позначена зона з безпечними умовами перебування з урахуванням параметру «втрата видимості». На 66 секунді розповсюдження пожежі відбувається блокування евакуаційного виходу за параметром «Втрата видимості». На цей час евакуація через ці виходи завершена. Час евакуації становить 42 секунди. В усіх контрольних точках евакуація людей здійснюється раніше ніж настає негативний вплив небезпечних чинників пожежі. Умова безпечної евакуації виконується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила пожежної безпеки в Україні. Наказ МВС від 30.12.2014 № 1417.
2. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. Зі зміною № 1.
3. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека.
4. ДБН В.2.2 40 2018 Інклзивність будівель і споруд. Основні положення.
5. ДБН В.2.2-10:2022 Заклади охорони здоров’я. Основні положення.
6. Thunderhead Engineering. URL: https://www.thunderheadeng.com/ (дата звернення: 05.12.2025).

УДК 691. 32

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН АРМОВАНОГО БЕТОНУ ПРИ ДІЇ НА НЬОГО ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН В ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЯХ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНИХ БУДИНКІВ

Чумак Р.В.,
Грецький Д.В., *к.т.н. доцент,*
Березань М.О., *к.т.н. доцент*
Черкаський державний технологічний університет

Захисні споруди цивільного захисту є важливим елементом системи безпеки, призначеним для захисту населення від різних видів небезпек, зокрема, від вибухів. Одним з ключових аспектів проектування укриттів є розрахунок їх конструкцій на динамічні навантаження, які виникають під час вибухів.

Сучасні реалії будівництва захисних споруд вимагають дослідження сукупності внутрішніх напружень та деформацій конструкції, використання матеріалів із підвищеною стійкістю до динамічних навантажень, зокрема, вибухових хвиль та ударних впливів. Одним із найбільш перспективних матеріалів для цих цілей є фібробетон, який поєднує: високу міцність бетону; підвищеною пластичністю та тріщиностійкістю. Включення полімерних, сталевих чи скловолокон у бетонну суміш дозволяє досягти рівномірного розподілу напружень та покращити загальні механічні властивості матеріалу [2].

Механізми руйнування бетону і фібробетону значно різняться. У звичайному бетоні при перевищенні межі міцності відбувається крихке руйнування, при якому основні тріщини швидко поширюються та охоплюють увесь переріз матеріалу. Натомість, фібро бетон, завдяки волокнам, забезпечує уповільнене поширення тріщин, що дозволяє конструкціям витримувати додаткові навантаження навіть у критичних умовах. Це особливо важливо для захисних споруд, які повинні зберігати функціональність за умов постійного впливу вибухів або ударів.

Ключовими характеристиками, що роблять фібробетон ефективним для застосування в огороджувальних конструкціях захисних споруд, є: збільшена тріщиностійкість; вища пластичність та енергопоглинання; підвищена стійкість до ударних навантажень; зменшення уламкоутворення.

У дослідженні використовувалися лабораторні аналітично-експерементальні випробування балок із різними типами армування, зокрема бетонних, залізобетонних, армованих сіткою та фібробетонних конструкцій. Тестування включало навантаження на стисненнята вигин, що дозволило оцінити тріщиностійкість, пластичність і граничну міцність матеріалів. Аналіз проводився за допомогою аналітичного моделювання, числових розрахунків та експериментальних вимірювань напружено-деформованого стану.

Проведені дослідження демонструють, що дисперсне армування дозволяє значно підвищити міцність бетону на згин, хоча приріст міцності на стиск є менш вираженим. У роботі [1] зазначено, що протягом двох, семи та двадцяти восьми діб твердіння в повітряно-сухих умовах міцність на згин зразків, армованих базальтовою фіброю, зросла відповідно на 55,9 %, 36,2 % і 9,6 %, порівняно з контрольними неармованими зразками. Проте, у порівнянні з нормальними умовами твердіння, міцність на згин в повітряно-сухих умовах зменшилась на 12,3 %, 26,2 % та 1,4 % через вказані проміжки часу.[1]

Дослідження показали, що балки з фібробетону демонструють збільшення граничних моментів на 20–40 % порівняно з традиційними бетонними елементами. Крім того, додавання фібри до залізобетону дозволяє мінімізувати утворення тріщин та зменшити ризик раптового руйнування, що підвищує його довговічність та безпеку.

Дисперсне армування полімерними волокнами позитивно впливає на ударну міцність бетону. Величина критичного коефіцієнта інтенсивності напружень, або тріщиностійкість, суттєво підвищується завдяки стримуванню волокнами утворення тріщин і їхнього поширення. Після утворення тріщин волокна продовжують працювати, забезпечуючи вищу напругу при згині, необхідну для досягнення аналогічного прогину, порівняно з неармованими системами.

Робота конструкції з фібробетону рекомендується в зоні пластичної деформації, тобто до 60 кН, де напруження і деформації матеріалу залишаються пропорційними, не доходячи до критичних значень, що можуть спричинити руйнування. Конструкція повинна функціонувати так, щоб у бетоні та арматурі не виникали перевантаження, які перевищують допустимі норми, а також забезпечувалося допустиме розкриття тріщин і довговічність конструкції під час експлуатаційних навантажень [3].

Застосування фібробетону в будівництві захисних споруд цивільних будинків відкриває нові можливості для підвищення їхньої стійкості до екстремальних умов експлуатації [4]. Завдяки комбінації бетону та армувальних волокон, конструкції з фібробетону мають кращі механічні властивості, ніж звичайний бетон або навіть залізобетон. Зважаючи на викладенне рекомендовано використовувати фібробетон у критичних конструкціях, що піддаються ударним та вибуховим навантаженням; впроваджувати полімерні або сталеві волокна для підвищення стійкості до динамічних впливів; поєднувати залізобетон із фіброармуванням для оптимального співвідношення міцності, вартості та довговічності.

У підсумку, комплексний підхід до проєктування армованих бетонних конструкцій, що включає застосування нових матеріалів та вдосконалених методів моделювання, є ключовим фактором для забезпечення надійності та довговічності споруд. Фібробетон, завдяки своїм унікальним властивостям, стає невід'ємною частиною сучасного будівництва, особливо у випадках, коли потрібно поєднати високу міцність із безпекою та прогнозованістю руйнування. Подальший розвиток таких матеріалів відкриває широкі можливості для їх адаптації до сучасних будівельних викликів, зокрема в умовах воєнного стану, забезпечуючи їх надійність, довговічність та економічну ефективність споруди.

ЛІТЕРАТУРА

1. Королько С.В., Мартинюк І.М., Стаднічук О.М., Горчинський І.В. Перспективи використання базальтових фібробетонів для фортифікаційних споруд. Військово-технічний збірник. 2018. № 19. С. 66–72. DOI: https://doi.org/10.33577/2312-4458.19.2018.66-72

2. Hollaway, L., Teng, J. (2008). Strengthening and Rehabilitation of Civil Infrastructures Using Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites. 1st ed. Cambridge: Woodhead Publishing. 352 p.

3. Lee, J.K. (2011). Mechanics of Reinforced Concrete Structures. 2nd ed. New York: Springer. 456 p.

4. Mo, Y.L. (1994). Dynamic Behavior of Concrete Structures. 1st ed. Amsterdam: Elsevier. 400 p.

УДК 614.841

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕКИ ЦІАНІСТОГО ВОДНЮ ПРИ ПОЖЕЖАХ НА ОБ'ЄКТАХ ЕНЕРГЕТИКИ

***Шабельник А.О.*[1],**
***Тригуб В.В.*[2],** *к.т.н., доцент,*
Харченко Р.С.
[1]*ГУ ДСНС України у Донецькій області,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України,*
[3]*ГУ ДСНС України у Херсонській області*

В умовах воєнного стану, коли знищується енергетика України, завдання в галузі енергетики мають високу стратегічну значимість і є основою енергетичної стабільності нашої держави, а питання пожежної безпеки даних об'єктів є актуальними.

Згідно зі статистичними даними [1], основною причиною загибелі людей на пожежах, якщо не брати до уваги руйнування внаслідок обстрілів, є отруєння токсичними продуктами горіння – більш ніж у 70 % випадків. Токсичність продуктів горіння обумовлена вмістом небезпечних токсичних речовин, які виділяються при тепловому розкладанні матеріалів. Як правило, кількісний та якісний склад продуктів горіння, насамперед, залежить від матеріалів, які беруть участь у процесі газифікації. Дослідження в галузі газифікації різних матеріалів показують, що в умовах пожежі при горінні полімерних матеріалів можуть утворюватися від 50 до 100 токсичних хімічних сполук. Таким чином, зростання номенклатури полімерних матеріалів у виробничих будівлях об'єктів енергетики може значно ускладнювати токсикологічну картину пожежі новими токсичними речовинами.

Дослідження в галузі вивчення токсикологічної картини пожежі визначають чадний газ як основний, що утворюється в умовах пожежі. Проте роботи [2–10] вказують на присутність різних токсичних речовин у крові загиблих у критичних концентраціях. Узагальнені результати судово-медичних експертиз зазначають, що в багатьох випадках летального отруєння в умовах пожежі основною токсичною речовиною був ціаністий водень, від якого загибель відбувається не рідше, ніж від чадного газу. Утворення ціаністого водню при пожежах на об'єктах енергетики можливе при горінні ізоляції кабельної продукції (поліуретан, поліетилен, гума), які прокладені в кабельних спорудах.

Як профілактичні протипожежні заходи щодо запобігання негативному впливу токсичних продуктів горіння використовується математичне моделювання їх поширення та вплив на організм людини [11, 12]. Дане моделювання ґрунтується на прогнозуванні динаміки розвитку небезпечних чинників пожежі [13]. Математичні моделі, які здійснюють дане прогнозування, досить розвинені для вирішення прикладних завдань пожежної безпеки, проте розглядають процеси утворення та розповсюдження лише трьох токсичних газів (вуглекислий газ, чадний газ та хлороводень), не беручи до уваги надзвичайно небезпечну токсичну речовину – ціаністий водень. Його відсутність в розрахункових методиках з визначення часу блокування шляхів евакуації, насамперед, пов'язана з відсутністю достатньої експериментальної бази з утворення ціаністого водню при горінні різних матеріалів. Питомі коефіцієнти утворення, які дозволяють визначати величини масового утворення речовини при горінні матеріалів, відсутні щодо ціаністого водню в існуючих базах даних виділення токсичних продуктів горіння.

Аналіз можливості утворення ціаністого водню на об'єктах енергетики також показав, що при горінні кабельної продукції можуть утворювати значні концентрації ціаністого водню.

Пожежі на об'єктах енергетики можуть супроводжуватися утворенням значної димової зони, що містить широкий спектр токсичних продуктів горіння, які можуть

негативно вплинути на персонал об’єкта енергетики на ранніх стадіях розвитку пожежі.

Таким чином, у сучасних методиках розрахунку динаміки небезпечних чинників пожежі не розглянуто процес утворення та розповсюдження ціаністого водню, який утворюється при термічному розкладанні полімерних матеріалів, що свідчить про необхідність удосконалення методики розрахунку часу блокування шляхів евакуації ціаністим воднем при пожежах у приміщенні, що дозволить підвищити рівень пожежної безпеки людей на об’єктах енергетики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 2024 рік. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/9/6/4/5/6/2/analitychna-dovidka-pro-pojeji-102023.pdf

2. Anderson, R.A. Harland, W.A. Fire (1982). Deaths in the Glasgow Area: III the Role of Hydrogen Cyanide. Sage Pub journals. 22. 1. 35-40. DOI: 10.1177 / 002580248202200106.

3. Lisa, M.S. Sommerville, R.D., Goodwin, M.R., Stephen, A.J., Channel, R. (2016). Acute toxicity when concentration varies with time: A case study with carbon monoxide inhalation by rats. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 80. 102–115. DOI: 10.1016/j.yrtph.2016.06.014

4. Pauluhn, J., Juergen, P. (2016). Acute inhalation toxicity of carbon monoxide and hydrogen cyanide revisited: Comparison of models to disentangle the concentration × time conundrum of lethality and incapacitation. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 80. 173–182. DOI: 10.1016/j.yrtph.2016.06.017

5. Kim, N.K., Cho, N.W., Rie, D.H. (2016). Study on the risk of particulate materials included in the combustion products of building materials. Fire Science and Engineering. 30. 1. 43-48. DOI: 10.7731/KIFSE.2016.30.1.043

6. Anderson, R.A., Harland, W.A. (1981). Fire Deaths in the Glasgow Area: I. General considerations and pathalogy. Medicine, Science and the Law. 21. 3. 83–175. DOI: 10.1177/002580248102100305

7. Pauluhn, J. (2019). Concentration × Time Analyses of Sensory Irritants Revisited: Weight of Evidence or the Toxic Load Approach. That is the Question. Toxicology Letters. 316. 94–108. DOI:10.1016/j.toxlet.2019.09.001

8. Treitman, R.D. Burgess, W.A. (1980). Air contaminants encountered by firefighters. American Industrial Hygiene Association Journal. 41. 11. 796–802. DOI: 10.1080/15298668091425662.

9. Orloff, K.G., Kaplan, B., Kowalski, P. (2006). Hydrogen cyanide in ambient air near a gold heap leach field: Measured vs. modeled concentrations. Atmospheric Environment. 40. 17. 3022–3029. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2005.09.089

10. Anseeuw, K., Delvau, N., Burillo-Putze, G., Fabio, D.I., Götz, G., Holmström, P. (2013). Cyanide poisoning by fire smoke inhalation: a European expert consensus. European Journal of Emergency Medicine. 20. 1. 2–9. DOI: 10.1097/MEJ.0b013e328357170b

11. Полупан В.А., Рашкевич Н.В. Особливості розповсюдження продуктів загоряння. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗУ, 23 лютого 2023. С. 62–63.

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

13. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82138

УДК 614.81

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА БУДІВЕЛЬНИХ МАЙДАНЧИКАХ

***Шершньова Ю.Л.*[1],**
***Скатков Л.І.*[2],** *д.т.н.,*
***Рашкевич Н.В.*[3],** *PhD*
[1]*ГУ ДСНС України у Запорізькій області,*
[2]*Університет Бен-Гуріона в. Негеві, Беер-Шева, Ізраїль,*
[3]*Національний університет цивільного захисту України*

Будівельні майданчики часто є зонами підвищеної небезпеки через використання відкритого вогню, електроінструментів, газозварювального обладнання та легкозаймистих матеріалів. Невідповідність заходів безпеки може призвести до серйозних наслідків, зокрема масштабних пожеж і значних матеріальних збитків.

У період воєнного стану в Україні безпека на будівельних майданчиках набуває особливого значення.Ризики пожеж підвищуються через:

– обмежений доступ до необхідних ресурсів для пожежогасіння;

– пошкоджену інфраструктуру;

– підвищену потребу у швидкому будівництві об’єктів, зокрема тимчасового житла, захисних споруд цивільного захисту чи об’єктів критичної інфраструктури.

Дослідження пожежної небезпеки під час проведення вогневих робіт на будівельних майданчиках у контексті воєнного стану є не лише теоретично важливим, але й має вагоме практичне значення. Виявлення та впровадження ефективних заходів попередження пожеж дозволить суттєво знизити ризики, захистити людські життя та зберегти ресурси, необхідні для відновлення країни.

Метод експертних оцінок пожежної небезпеки на будівельних майданчиках є ефективним інструментом для систематичного аналізу та оцінки ризиків займання. Основні етапи використання цього методу:

1. Підбір експертів**.**
2. Опитування (анкетування).
3. Складання шкали оцінки.
4. Аналіз отриманих даних.
5. Розробка рекомендацій.

Важливим етапом у застосуванні методу експертних оцінок пожежної небезпеки є підбір кваліфікованих експертів, які мають глибокі знання та досвід у сфері пожежної безпеки та будівництва. Експерти повинні володіти практичним досвідом роботи з різними видами робіт на будівельних майданчиках, а також знаннями щодо нормативних документів та вимог до пожежної безпеки.

Після підбору експертів проводиться етап опитування та анкетування. Експертам пропонується оцінити різні фактори пожежної небезпеки на будівельних майданчиках, використовуючи спеціально розроблену анкету або опитувальник. Анкета повинна містити чіткі питання, які дозволяють експертам визначити рівень ризику за конкретними критеріями, такими як використання вогневих робіт, використання легкозаймистих матеріалів, наявність електрообладнання, дотримання вимог пожежної безпеки, тощо.

Питання мають враховувати специфіку умов воєнного стану, зокрема:

– вплив обмеженого доступу до водопостачання для гасіння пожеж;

– наявність нестачі протипожежного обладнання;

– зміна умов роботи через нестачу персоналу для контролю за пожежною безпекою.

Після проведення опитування експертів необхідно створити систему шкали оцінки, яка дозволить визначити рівень пожежної небезпеки на будівельних майданчиках. Шкала

повинна враховувати різні критерії ризику. При складанні шкали оцінки слід передбачити кілька рівнів ризику – низький, середній, високий та критичний, що дозволяє експертам оцінювати ступінь небезпеки для кожного конкретного фактору.

Для кожного критерію призначаються відповідні бали.

Після складання шкали оцінки та збору інформації від експертів, проводиться детальний аналіз отриманих даних. Метою цього етапу є виявлення ключових факторів пожежної небезпеки, визначення найбільш ризикованих зон на будівельних майданчиках та розуміння загального рівня небезпеки.

На основі експертних оцінок формуються конкретні рекомендації щодо підвищення рівня пожежної безпеки, впровадження заходів контролю та поліпшення організації робіт.

За результатами опитування експертів виявлено, що найбільшу увагу потребують наступні фактори небезпеки виникнення пожежі на одному з будівельних майданчиків міста Запоріжжя:

1. Проведення вогневих робіт – цей фактор отримав високий бал, що свідчить про значні ризики, пов’язані з використанням відкритого вогню на майданчику.
2. Наявність легкозаймистих матеріалів – також була виявлена висока небезпека, оскільки багато матеріалів мають високий рівень займистості.
3. Стан електрообладнання – експерти вказали на необхідність регулярного технічного обслуговування електрообладнання та встановлення автоматичних систем контролю, що дозволить запобігти загорянням через несправності електрообладнання.
4. Дотримання правил пожежної безпеки – цей фактор отримав середній бал, що свідчить про існування певних прогалин у дотриманні нормативних вимог. Потрібно посилити відповідальність за дотримання правил безпеки та впровадити більш жорсткий контроль.
5. Динаміка змін в організації умов праці – виявлено високий ризик, що пов’язаний із постійними змінами на будівельному майданчику. Це вимагає постійного моніторингу та адаптації заходів безпеки до нових умов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Питання екологічної безпеки в містобудуванні: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів : студент. й шкіл. секція», Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 143–144.

UDC 351.861

ABOUT THE ANALYTICAL CALCULATION OF FREE OSCILLATIONS OF CIRCULAR PLATES RESTING ON A POWER-VARIABLE ELASTIC BASE

Krutii Yu.S., *Dr. Sc. (Tech.), Professor,*
Perperi A.O., *PhD (Tech.),*
Velychko D.V.
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Fire safety of buildings is one of the key aspects of the design and exploitation of structures, as it often affects people's health and lives. One of the critical issues in the event of a fire is the safe and quick evacuation of people. The mass movement of a large number of people towards exits creates significant dynamic loads on the structures. This results in structural vibrations that can lead to a decrease in stability or even collapse. It is therefore crucial to have as accurate an understanding of these oscillations as possible to ensure that structures are sufficiently strong and reliable in the event of a such crisis.

The authors investigated the problem of axisymmetric oscillations of annular and circular solid plates resting on an inhomogeneous elastic foundation (fig. 1, 2).

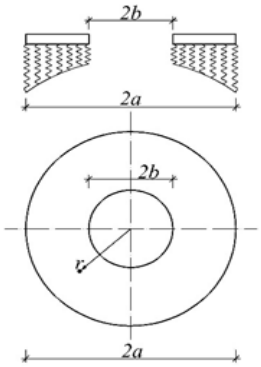


Fig. 1. Annular plate on an inhomogeneous elastic foundation.

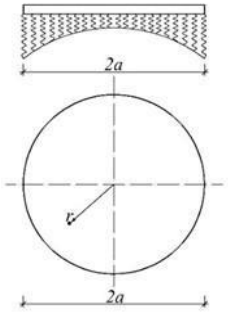


Fig. 2. Circular solid plate on an inhomogeneous elastic foundation.

The Winkler model with a variable subgrade modulus is chosen as a model of the elastic foundation $k(r)$. This leads to the necessity of solving the differential equation of oscillations with variable coefficients, which in the amplitude state is presented as follows

$$D\Delta\Delta w(r)+(k(r)-\rho h\omega^2)\,w(r)=0, \qquad (1)$$

where $\Delta=d^2/dr^2+1/r\,d/dr$ – Laplace operator, $w(r)$ – amplitude function of deflections that depends only on the radial coordinate r, ω – unknown frequency of free oscillations, ρ – density of the material, h – plate thickness, D – plate cylindrical stiffness.

The general solution to this equation is found by direct integration [1]

$$w(r)=C_1X_1(r)+C_2X_2(r)+C_3Y_1(r)+C_4Y_2(r),$$

where C_1,C_2,C_3,C_4 – constant coefficients, $X_n(r)$, $Y_n(r)$ $(n=1,2)$ – fundamental functions, and $Y_n(r)$ $(n=1,2)$ is presented as follows $Y_n(r)=X_n(r)\ln r/a+Z_n(r)$ $(n=1,2)$.

This message is devoted to the case when the subgrade modulus is defined by a power function

$$k(r) = k(a)\left(\frac{r}{a}\right)^s, \ s \geq 0.$$

In this case, the functions $X_n(r), Z_n(r)$ $(n = 1,2)$ are explicitly expressed as power series in the variable r / a. This ensures the possibility of analytical calculation of plates free oscillations.

Example. The calculation results for a concrete solid plate with a fully fixed contour resting on an elastic foundation with quadratic inhomogeneity

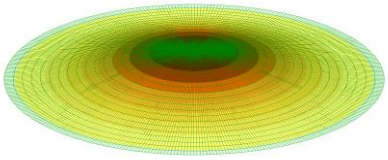
$$k(r) = k(a)\left(\frac{r}{a}\right)^2.$$

Input data: $E = 3 \cdot 10^7 \, kPa$; $\mu = 1/6$; $\rho = 2500 \, kg / m^3$; $a = 6 \, m$; $h = 0.3 m$; $k(a) = 4 \cdot 10^3 kN / m^3$.

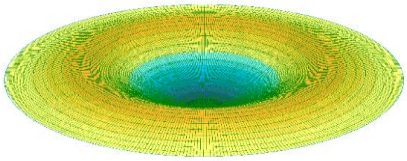
In order to verify the authors' method (AM), the corresponding calculations were also carried out by the finite element method (FEM) in the LIRA software package. The results of calculations in numerical format are presented in table 1, and in graphical format – in fig. 3.

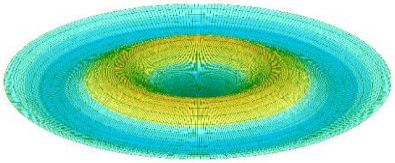
Table 1. Values of free axisymmetric oscillation frequencies

Mode №	Oscillation frequencies ω, rad/s		Relative error, %
	AM	FEM	
1	27,574622	27,669075	0,34
2	107,350531	102,780000	4,26
3	240,510460	228,970000	4,80
4	426,971819	405,900000	4,93
5	666,721322	633,400000	4,00



a) first mode





b) second mode **c) third mode**

Fig. 3. The first three axisymmetric oscillation modes

REFERENCES

1. Krutii, Yu.S. (2016). Rozrobka metodu rozv'yazannya zadach stiykosti i kolyvan′ deformivnykh system zi zminnymy neperervnymy parametramy. (Sc. D. diss.). Lutsk National Technical University, Lutsk.

UDC 351.861

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC EFFECTS ON THE PERFORMANCE OF STEEL STRUCTURES PROTECTED BY FIRE PROTECTION COATINGS

Nagrockiene D., *PhD, Professor,*
Grigonis M., *PhD*
Vilnius Gediminas Technical University

The effectiveness and durability of the painted fire protection coatings are not in doubt, they are certified and comply with all fire protection requirements, but it has not been established how they will survive when they are used in the areas of the coastal region where they may be exposed to aggressive environments that may arise from the production, handling and storage of various chemical substances. Under certain conditions and after six months, they may become thermally conductive and lose their mechanical resistance, which in the event of a fire could have a decisive impact on the safety of the buildings and the occupants of the buildings.

The technology for the production of intumescent paints has developed quite intensively during the last decades of the 20th century. The science of intumescent coatings has also progressed: the influence of various additives on the structure of the coating formation and the stability of binders at high temperatures has been studied. The mechanism of action of the coatings at elevated temperatures has been investigated and described, and the main groups of components required for effective coating formation have been identified [1].

Intumescent coatings provide effective protection against temperature. They form a hard, smooth surface. These paint coatings have various advantages and disadvantages. Intumescent coatings provide effective protection against temperature effects. Fire-retardant swellable paints can be quickly and easily applied. They form a hard, smooth surface. During a fire, three reactions take place in fire-resistant paints as the temperature rises: plasticisation, swelling, curing [2–3].

One of the manifestations of climatic effects is the ageing of materials. Ageing is the process by which the physical properties of a material change under certain natural environmental conditions, despite the fact that the original performance requirements are met. Ageing is usually indicated by the inability of a material to perform its intended function or by its degradation [4].

To evaluate the changes in the fire resistance of the fire plates, fire resistance tests were carried out using a vertical fire resistance test furnace, and a standard fire curve. The panels coated with the different intumescent coatings were subjected to fire tests after exposure to different environments, the samples before the test are shown in Figure 1 and after the test, where the thermo-insulating foam is visible, in Figure 2.

The specimens were not coated with a protective coating, but only with the Steelguard FM585 intumescent coating. The temperature rise of the samples stored in the storage room and the control samples is similar, while the temperature rise of the samples stored in the climate chamber and on the outside of the conveyor is faster, but it can also be considered that the temperature rise of the samples stored on the outside of the conveyor is also more even, only starting from 760 °C the temperature rise of the sample stored on the outside of the conveyor is slower, but it is not evaluated any more, because, as mentioned above, the relevant critical temperature is 750 °C.



Fig. 1. Control samples prior to fire resistance tests.



Fig. 2. Control samples after fire resistance tests.

The control specimens in the first group reached the critical temperature of 350 ^{o}C in about 13 min, 500 ^{o}C in about 21 min and 750 ^{o}C in about 36 min, while the artificially maintained specimens reached the critical temperature in about 9 min, 16 min and 29 min, respectively. The difference between the samples stored in the fertiliser storage area and the control samples is on average about 2 min, but the fire resistance achieved is better than that achieved with the artificially aged samples, on average about 3 min, but in general the artificially aged samples have the lowest fire resistance.

The initial fire resistance of the control specimens is considered to be 100 %. The specimens coated with Steelguard FM 585 and protected by an additional coating showed a reduction in fire resistance of 10 to 24,7 % and 39,3 to 51,5 % for unprotected specimens. The resistance of the specimens coated with Firex PPD - S2 and the protective coating Sigmadur 520 decreased by 29,9 % to 46,6 %, while the resistance of the specimens stored in different locations and artificially aged without protective coating decreased by 21,8 % to 45,6 %.

Summarising the results of the studies, it is found that protective additional coatings affect the thermal insulation properties of fire protection coatings, reducing the thickness of the thermal insulation layer but protecting against environmental influences. Changes in temperature and humidity reduce the thermal insulation properties of fire protection paints. The thermal insulation layer formed from the fire protection coating is very brittle in the control samples and the thickness of the resulting foam layer is 35 mm. and the thickness of the foam layer exposed to atmospheric agents is 15 mm. or not at all. The fire performance of the weathered coatings decreased by up to 48,5 % compared to the control and by up to 53,4 % for the additional protective coating.

REFERENCES

1. Gu, J.; Zhang, G., Dong, S., Zhang, Q., Kong, J. (2007). Study on preparation and fire-retardant mechanism analysis of intumescent flame-retardant coatings. Surface & Coatings Technology. 201. 7835–7841.

2. Duquesne, S., Magnet, S., Jama, C., Delobel, R. (2005). Thermoplastic resins for thin film intumescent coatings towards a better understanding of their effect on intumescence efficiency. Polymer Degradation and Stability. 88. 63–69.

3. Fire resistance of Steel framed Buildings. Corus Construction & Industrial. 2006. 39. Code of practice for the specification & on–site installation of intumescent coatings.

4. Association for Specialist Fire Protection Technical Guidance Note 008:2008. Aldershot, United Kingdom. 2008. 47.

UDC 623.438.15: 681.51

MODEL OF EFFECTIVENESS OF APPLICATION OF REMOTE CONTROLLED COMBAT MODULES

Nikiforov G.S. [1],
Cherednikov O.M. [2], *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher,*
Chupryna V.M. [3], *Dr. Sc. (Tech.), Associate Professor, Chief Researcher, Employee of the Armed Forces of Ukraine,*
Yurchenko M.E. [4], *Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Senior Researcher*
[1-3]*State Research Institute for Testing and Certification of Arms and Military Equipment,*
[4]*Klaipeda University*

The effectiveness of the use of robotic combat systems is closely related to the need to minimize risks for the military during the performance of combat missions. The growing role of high-tech solutions in modern conflicts, where robotic systems provide an advantage in mobility, accuracy and autonomy due to automated algorithms for detecting and destroying the enemy, requires the military to take an innovative approach to the development and application of automated weapons systems, which include remotely controlled combat modules (RCCMs).

Today, RCCMs are widely used in the ground forces on armored vehicles (BTRs, BMPs, armored vehicles, tanks), in the naval forces on patrol boats, landing ships, small and medium-sized warships, in the air force on airplanes, helicopters and attack UAVs. Border services use RCCMs for border control at stationary and mobile posts and armored vehicles.

The indicators of the main purpose and advantages can be used as factors for assessing the effectiveness of RCCMs:

• increasing combat effectiveness - ensuring high accuracy of fire due to stabilization systems, automatic guidance and tracking of the target;

• reducing the vulnerability of the crew - the module is controlled remotely from a protected compartment or control point, eliminating the need to come under enemy fire, eliminating errors associated with operator fatigue or stress;

• automation of combat – integration with combat control systems and the ability to autonomously search for targets;

• compatibility with various types of weapons – installation of machine guns, automatic cannons, anti-tank and anti-aircraft missile systems;

• flexibility of application – the ability to install on various platforms, including robotic ground complexes, unmanned robots and unmanned aerial vehicles, as well as kamikaze drones;

• versatility of weapons – the ability to install machine guns (7.62 mm, 12.7 mm), automatic cannons (20–30 mm), ATGMs or electronic warfare equipment;

• mobility and distribution – the attacking enemy cannot easily determine the location of all modules;

• the position change system allows you to avoid destruction in the event of an artillery or missile strike;

• integration with air defense and electronic warfare situational awareness systems – shooting down drones and intercepting attacking munitions, automated target recognition to reduce the likelihood of friendly fire.

Robotic combat modules of the RCCM significantly increase the level of protection, reducing losses among personnel, providing round-the-clock surveillance and operational destruction of threats. Their integration with situational awareness systems and automatic detection, tracking and neutralization makes them a key element of modern protection of strategic facilities.

The overall effectiveness of the use of remotely controlled combat modules can be considered as a component of the advantages of P_i and disadvantages of H_j in relative units determined by the expert assessment method, taking into account the probability coefficients of the characteristics of the factors taken into account.

Particular attention should be paid to the resistance of such systems to electronic warfare means. Encrypted communication channels and the ability to operate in an autonomous mode in the event of signal loss ensure uninterrupted operation even under conditions of information influence from the enemy. In addition, the implementation of such technologies allows reducing the cost of maintaining personnel, since the protection of the facility can be ensured by a smaller number of operators. Due to the possibility of scaling combat modules, the level of protection increases significantly, which makes them an important element of a modern security system.

Taking into account possible threats from electronic warfare, modern combat modules are equipped with encrypted communication channels and have autonomous operating modes, which allows continuing to perform combat missions even in the event of loss of communication with the operator. In addition, such systems are economically feasible, since their deployment allows reducing the cost of maintaining security personnel.

Thus, remotely controlled combat modules are an effective tool in the field of defense, combining high combat effectiveness, flexibility of application and personnel safety, significantly increasing the level of combat capabilities.

The proposed topical issues require discussion during the scientific and practical conference, as their resolution will minimize risks to personnel and increase the effectiveness of defensive measures and offensive actions.

The growing role of high-tech solutions in modern conflicts, where robotic systems provide an advantage in mobility, accuracy and autonomy, requires the military to adopt an innovative approach to the development and use of weapons.

The relevance of the issues considered lies in their direct connection with modern challenges in the field of defense, security and military technology. The issues considered are important for modern military science and practice, since the success of future combat operations and the ability of the armed forces to adapt to new conditions of warfare depend on their solution.

REFERENCES

1. Nikiforov, G.S., Cherednikov, O.M. (2024). Analysis of methods and means of protecting armored vehicles from FPV drones. Current problems of the activities of the components of the security and defense sector of Ukraine (to the 10th anniversary of the creation of the National Guard of Ukraine): theses of the All-Ukrainian scientific and practical conference (October 24, 2024). Kharkiv: Publishing house of NANGU. 419–421.

СЕКЦІЯ 2
МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

УДК 614.8

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ТА ВИМІРЮВАНЬ КОНЦЕНТРАЦІЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ

Борщак А.М.,
Голембієвський Р.Є.,
Землянський О.М., *д.т.н., професор*
Національний університет цивільного захисту України

Хімічні аварії на промислових об’єктах та під час транспортування небезпечних речовин здатні призводити до катастрофічних наслідків для людей, довкілля та економіки. В історії відомі випадки які спричинили загибель кількох тисяч людей, зокрема аварія пов’язана з витоком метилізоціанату в Бхопалі (Індія) 1984 року [1]. Подібні інциденти демонструють масштаб потенційної шкоди навіть без вибуху чи пожежі, лише від токсичного викиду. Повністю усунути ризик аварій у хімічній промисловості неможливо. Тому актуальним є завдання прогнозування можливих наслідків таких аварій, з метою прогнозування небезпечних зон та масштабів викидів, пожеж, вибухів небезпечних речовин, що виражається у кількості постраждалих, рівні ушкоджень будівель та забруднення довкілля [2]. Вчасний і точний прогноз наслідків дає змогу планувати заходи захисту, евакуації, локалізації аварії та мінімізації шкоди.

У разі аварійної ситуації прогнозування її наслідків виконують шляхом розрахунків, за допомогою яких на карті відображають ймовірні зони хімічного забруднення. Традиційно використовують два основних підходи: довгострокове та аварійне прогнозування. Довгострокове (оперативне) прогнозування забезпечує оцінку можливих масштабів забруднення, визначення основних ресурсів і технічних засобів для ліквідації наслідків, а також розробку детального плану дії. Аварійне прогнозування, що виконується після аварії, виходить за результатами розвідки та дозволяє уточнити масштаби забруднення, оцінити ризики та розробити алгоритм реагування в зоні хімічної аварії.

Для визначення концентрації небезпечних хімічних речовин після аварії виконують розрахунки та здійснюють моделювання. Основними розрахунковими результуючими характеристиками є: кількість небезпечних хімічних речовин у первинній та вторинній хмарах, глибина зони зараження (повна, гранично можлива, залишкова), форма й площа зони зараження, час підходу хмари[4]. При таких показниках складно зорієнтуватись й прийняти швидке адекватне рішення по евакуації населення й вживанню заходів безпеки, оскільки не визначається її динаміка [5]. Таким чином, очевидно, що процеси прийняття рішень щодо мінімізації наслідків аварії супроводжується значною інформаційною невизначеністю.

Моделювання процесів на основі нечіткої логіки зазвичай реалізується через нечіткі вихідні системи або нечіткі експертні системи. Ключовим елементом такого моделювання є набір правил типу "якщо-то", що оперують лінгвістичними змінними. Якщо початкові точні значення параметрів аварії невідомі, вони встановлюються на основі експертних оцінок, які служать обґрунтуванням для подальшого ухвалення рішення.

На кожному етапі класичного розрахунку наслідків (від розрахунку витоку і

розповсюдження хмари до оцінки уражень) параметри моделі враховуються як нечіткі величини з певним діапазоном. Це дозволяє отримувати результат у вигляді діапазону можливих значень наслідків замість одного числа, що краще відображає невизначеність. Такий підхід може бути застосовано під час розповсюдження отруйних хімічних речовин та і для аналізу вибухо- та пожежонебезпечних сценаріїв, зокрема для аварій з витоком легкозаймистих рідин та горючих газів і послідуючим загорянням.

Жодна модель не є ідеальною, тому в ході аналізу важливо відзначити, де нечіткі методи можуть помилятися. Типові джерела похибок: суб'єктивність задання функцій належності – різні експерти можуть задати різні «розмитості»; неповнота бази правил – можлива ситуація, яку не охоплюють наявні правила, і система дасть некоректний прогноз; кореляція параметрів – нечіткі моделі часто припускають незалежність факторів, тоді як в реальності параметри можуть бути пов'язані; динамічні ефекти – більшість нечітких моделей статичні, тобто оцінюють наслідки після факту аварії. Якщо наслідки розвиваються у часі, потрібне динамічне моделювання, де нечіткість теж може змінюватися з часом. Помилки можуть виникнути, якщо використовувати статичний підхід для процесу, що швидко змінюється.

Для підвищення точності необхідно поєднувати нечіткі моделі з іншими даними. Такими можуть бути вимірювання концентрація речовини в різних точках на місцевості в зоні ліквідації хімічної аварії чи надзвичайної ситуації. Впродовж процесу вимірювання концентрація не буде залишатися сталою, особливо на відкритій території. Зміна концентрації проходить за певною залежністю, що пов'язано перш за все з рухом первинної і вторинної хмари. Тому необхідно проводити точкові вимірювання концентрації небезпечних речовин у контрольних точках, щоб можна було коригувати моделі хімічного забруднення на основі актуальних даних.

Впровадження розроблених нечітких моделей у практику (наприклад, в програмне забезпечення для аварійно-рятувальних служб чи в автоматизовані системи на підприємствах) є важливим завданням. Для цього необхідно подбати про зручність інтерфейсу, візуалізацію нечітких результатів у зрозумілий спосіб. Оснащення диспетчерів і фахівців такими інструментами підвищить готовність до надзвичайних ситуацій і здатність мінімізувати їхні наслідки

ЛІТЕРАТУРА

1. Mohammadi, H, Laal, F, Mohammadian, F, Yari, P, Kangavari, M, Moradi Hanifi, S. (2023). Dynamic risk assessment of storage tank using consequence modeling and fuzzy Bayesian network. Heliyon. Aug 1. 9(8). e18842. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e18842

2. Markowski, A. (2013). Application of Fuzzy Logic Approach to Consequence Modeling in Process Industries. Chemical engineering transactions. 31. 157–162.

3. Наказ МВС України від 29.11.2019 № 1000 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».

4. Zemlianskyi, O., Snytyuk, V. (2013). Parametric identification for model of a chemical hazardous substance concentration using soft computing. International Journal Information Technologies & Knowledge. Bulgaria, Sofia: Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA. 7/4. 337–346.

5. Polorecka, M., Kubas, J., Danihelka, P., Petrlova, K., Repkova Stofkova, K., Buganova, K. (2021). Use of Software on Modeling Hazardous Substance Release as a Support Tool for Crisis Management Sustainability. 13. 438–453.

УДК 614.8

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА З М'ЯКОГО ФЕРИТУ В УМОВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР, З УРАХУВАННЯМ ЗАКОНУ БЛОХА І ТЕМПЕРАТУРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Голуб Р.В.,
Дурєєв В.О., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

В сучасних максимальних теплових сповіщувачах пожежних (СП), в якості чутливого елементу (ЧЕ) застосовується магнітноконтактний геркон (СПТМ-62, СПТМ-70).

В якості математичної моделі СП приймемо систему рівнянь, що складається з рівняння теплового балансу в умовах нестаціонарного теплообміну з припущенням рівномірного прогріву контактів ЧУ по усій глибині (критерій Біо<0,1) [1, 2].

$$Cm \cdot d\frac{dT}{d\tau} + \alpha FdT = \alpha FdT_{П}, \tag{1}$$

де m – маса контактів, кг; С – теплоємність, Дж·кг$^{-1}$·К$^{-1}$; τ – час, сек; Т – поточна температура контактів, К; F – площа, м^2; α – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м$^{-2}$·К$^{-1}$; ТП – температура оточуючого середовища, К.

В якості контактів ЧЕ виступають матеріали, магнітні властивості яких залежать від їх температури. Залежність намагніченості ЧЕ від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів, що складаються з м'якого фериту в умовах високих температур, з урахуванням закону блоха і температурних властивостей [3–5].

$$M_{NB} = M_0\left(1 - B_L T^{1,5} + C_{NB} T\right); \tag{2}$$

$$B_L = 2{,}614 V_0\left(\frac{k_B}{4\pi D}\right)^{1,5}, \tag{3}$$

де M_0 – намагніченість при початковій температурі, А/м; B_L – фактор Блоха; B_L – фактор Блоха; V_0 – атомний об'єм феритних наночасток (ФН), м^3; діаметр ФН D, м; C_{NB} – температурний коефіцієнт, 1/К.

Для моделювання залежності намагніченості контактів ЧЕ від температури дорівняємо в рівняннях (2, 3) диференціали лівої та правої частин

$$\frac{dM_{NB}}{dT} = k_{NB1}\sqrt{T} + k_{NB2}; \tag{4}$$

де

$$k_{NB1} = -1{,}5 M_0 B_L; \quad k_{NB2} = M_0 C; \tag{5}$$

Таким чином, математична модель теплового СП являє собою систему рівнянь (1), (4, 5) та ураховує тепловий баланс контактів ЧЕ, та залежності намагніченості феритових контактів ЧЕ СП від типу та структури контактів ЧЕ при зміні температури.

Для визначення рівнянь динаміки СП та дослідження параметрів його роботи, підставимо рівняння залежності намагніченості від температури (4, 5) до рівняння теплового балансу (1).

Намагніченість м'яких феритів, що задовольняють закону Блоху і з урахуванням температурного коефіцієнту

$$Cm \cdot \frac{1}{k_{NB1}\sqrt{T} + k_{NB2}} \cdot \frac{d}{d\tau} dM_{NB} + \alpha F \cdot \frac{1}{k_{NB1}\sqrt{T} + k_{NB2}} \cdot dM_{NB} = \alpha F \cdot \Delta T_{П} \quad ; \qquad (6)$$

$$T_{NB} \dot{\overline{m}} + \overline{m} = K_{NB} \overline{t_{П}} \quad , \qquad (7)$$

де

$$T_{NB} = \frac{Cm}{\alpha F} \quad ; \qquad K_{NB} = k_{NB01} \sqrt{T} \frac{T_{П0}}{M_{NB0}} \quad , \qquad (8)$$

де M_{NB0} – намагніченість ФН у вихідній точці, А/м; T_{NB} – динамічний параметр СП (постійна часу), с; K_{NB} – динамічний параметр СП (коефіцієнт посилення).

Розроблено математичну модель сповіщувача з залежністю магнітних властивостей від температури. Контакти чутливого елементу в моделях мають структуру м'яких феритів з урахуванням вимог закону Блоху і Ейлера-Маклорена.

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. URL: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047843885&doi=10.29202%2fnvngu%2f2018-2%2f12&partnerID=40&md5=. DOI:10.29202/nvngu/2018-2/12

2. 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

3. Кахняж М.Л., Салах Я.Л., Шевчик Р.Ю., Беньковски А.В., Коробийчук И.В. Дослідження впливу температури на магнітні характеристики феритів з марганець-цинкового сплава. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015. Vol. 6(5(78). P. 17–21. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.55410

4. Martinson, K., Belyak, V., Sakhno, D., Chebanenko, M., Panteleev, I. (2022). Mn-Zn Ferrite Nanoparticles by Calcining Amorphous Products of Solution Combustion Synthesis: Preparation and Magnetic Behavior. International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. 31. 17–23. DOI:10.3103/S106138622201006X

5. Nairan, A., Khan, M., Khan, U., Iqbal, M., Riaz, S., Naseem, S. (2016). Temperature-Dependent Magnetic Response of Antiferromagnetic Doping in Cobalt Ferrite Nanostructures. Nanomaterials. 73. URL: https://doi.org/10.3390/nano6040073

УДК 614.8

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНОКОНТАКТНОГО ТЕПЛОВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З ФЕРИТНИМИ НАНОЧАСТКАМИ, ЩО ЗАДОВОЛЬНЯЮТЬ РІВНЯННЯМ ЕЙЛЕРА-МАКЛОРЕНА

Закарлюка А.П.,
Дурєєв В.О., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Використання сповіщувачів пожежних (СП) з чутливим елементом (ЧЕ), що працює за принципом залежності магнітної індукції від температури обумовлено простотою їх експлуатації, надійністю роботи та вигідними тактико-технічними параметрами відносно їх вартості.

Матеріал контактів та його структура впливають на параметри спрацювання такого СП і визначаються динамічними параметрами складових ЧЕ в умовах зміни їх теплового стану. В свою чергу, залежність намагніченості контактів ЧЕ визначається їх складовою речовиною. Ураховуючи різноманіття речовин, що можуть бути застосовані в якості магнітних контактів ЧЕ, параметри спрацювання таких СП значно відрізняються один від одного. Паспорт теплових СП практично не містить технічні данні ЧЕ і не описує динамічні параметри роботи СП в умовах, коли оточуюча температура змінюється. Відповідно, щоб покращити якість роботи системи протипожежного захисту, треба змоделювати спрацювання теплового СП в умовах зміні температури оточуючого середовища для типової структури матеріалу його контактів, що є дуже важливим для визначення параметрів спрацьовування СП.

В [5] виконана робота по створенню фериту з визначеними параметрами структурної решітки та намагніченості. В роботі наведено зразки та магнітні параметри наночасток та структури феритів з урахуванням типу їх кристалічної решітки. Виконані експериментальні дослідження структури і намагніченості феритів в діапазоні температур, що задовольняє їх практичне застосування (-160÷130)°С. Показано функціональну залежність магнітних властивостей розроблених феритів від значень температури і магнітних властивостей оточуючого поля. Наведено формули для отримання рівня магнітної індукції в умовах зміни оточуючої температури. Проте моделей застосування феритів в якості ЧЕ теплового СП не приведено.

Для ФН що задовольняють рівнянням Ейлера-Маклорена [5]

$$M_N = \frac{1{,}5\varsigma}{(2\pi JS)^{1,5}}(k_B T)^{1,5} - \frac{1{,}5\varsigma}{\pi JSN} k_B T, \qquad (1)$$

де ς – функція Рімана; J, S, N – параметри, що ураховують структуру решітки ФН, м.

Рівняння теплового балансу в умовах нестаціонарного теплообміну з припущенням рівномірного прогріву контактів ЧУ по усій глибині (критерій Біо < 0,1)

$$Cm \cdot d\frac{dT}{d\tau} + \alpha F dT = \alpha F dT_П, \qquad (2)$$

де m – маса контактів, кг; С – теплоємність, Дж·кг-1·К-1; τ – час, сек; Т – поточна температура контактів, К; F – площа, м^2; α – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м-2·К-1; ТП – температура оточуючого середовища, К.

Дорівняємо в рівнянні (1) диференціали лівої та правої частин

$$\frac{dM_N}{dT} = k_{N1}\sqrt{T} - k_{N2}; \qquad k_{N1} = \frac{2{,}25\varsigma}{(2\pi JS)^{1,5}} k_B^{1,5}; \qquad k_{N2} = \frac{1{,}5\varsigma}{\pi JSN} k_B. \qquad (3)$$

Таким чином, математична модель теплового СП являє собою систему рівнянь (2, 3) та ураховує тепловий баланс контактів ЧЕ, та залежності намагніченості феритових контактів ЧЕ СП від типу та структури контактів ЧЕ при зміні температури.

Підставимо рівняння залежності намагніченості від температури (3) до рівняння теплового балансу (2)

$$Cm \cdot \frac{1}{k_{N1}\sqrt{T} - k_{N2}} \cdot \frac{d}{d\tau} dM_N + \alpha F \cdot \frac{1}{k_{N1}\sqrt{T} - k_{N2}} \cdot dM_N = \alpha F \cdot \Delta T_П; \qquad (4)$$

$$T_N \dot{\overline{m}} + \overline{m} = K_N \overline{t_П}, \qquad (5)$$

де

$$T_N = \frac{Cm}{\alpha F}; \qquad K_N = \left(k_{N1}\sqrt{T} - k_{N2}\right)\frac{T_{П0}}{M_{N0}}. \qquad (6)$$

де M_{N0} – намагніченість ФН у вихідній точці, А/м; T_N – динамічний параметр СП (постійна часу), с; K_N – динамічний параметр СП (коефіцієнт посилення).

В результаті отримано рівняння (4, 5, 6) динаміки, що описують роботу теплового СП з принципом дії, що ураховує залежність магнітної індукції при зміні температури навколишнього середовища для феритових наночасток, що задовольняють рівнянням Ейлера-Маклорена. Ураховуються матеріал контактів ЧЕ та їх структура.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nairan, A.; Khan, M.; Khan, U.; Iqbal, M.; Riaz, S.; Naseem, S. (2016). Temperature-Dependent Magnetic Response of Antiferromagnetic Doping in Cobalt Ferrite Nanostructures. Nanomaterials. 73. URL: https://doi.org/10.3390/nano6040073

2. Thanh, T.D., Manh, D.H., Phuc, N.X. (2015). Deviation from Bloch's T3/2 Law and Spin-Glass-Like Behavior in La0.7Ca0.3MnO3 Nanoparticles. J Supercond Nov Magn. 28. 1051–1054. URL: https://doi.org/10.1007/s10948-014-2869-5

3. Samir Ullah, Firoz U., Momin A., Hakim M. (2021). Effect of V2O5 addition on the structural and magnetic properties of Ni–Co–Zn ferrites. Published by IOP Publishing Ltd. DOI:10.1088/2053-1591/abd865

4. Mahmoudi, M., Kavanlouei, M. (2015). Temperature and frequency dependence of electromagnetic properties of sintering Li–Zn ferrites with nano SiO2 additivet. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 384. 276–283. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304885315001948

УДК 621.3; 006.86+614.841.3

ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ (IOT) У ПОЖЕЖНІЙ БЕЗПЕЦІ

Іванов С.А.
Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах зростання урбанізації та розвитку промисловості питання пожежної безпеки набуває особливої актуальності. Необхідність підвищення ефективності протипожежного реагування підтверджується статистичними даними: за аналітичною довідкою про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2024 року сталося 105 214 пожеж, у результаті яких загинуло 1 521 особа, ще 1 798 осіб отримали травми. У будівлях та спорудах зафіксовано 2 221 пожежу. Особливо загрозливою є проблема отруєння токсичними продуктами горіння – 549 загиблих осіб, що становить 36,1 % від усіх смертей при пожежах [1].

В умовах воєнного стану, коли традиційні системи сповіщення можуть бути зруйновані або не працювати належним чином, локалізовані IoT-рішення з автономною логікою реагування стають особливо актуальними. Вони дозволяють швидко виявляти пожежі, координувати евакуацію та реагувати на загрози незалежно від зовнішніх каналів зв'язку. Така структура системи пожежної безпеки забезпечує не лише оперативність реагування, а й високу стійкість до збоїв, що критично важливо в умовах надзвичайних ситуацій і бойових дій. У зв'язку з цим, інтеграція сучасних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), стає необхідною для підвищення ефективності систем пожежної безпеки.

В Україні тема інтернету речей (IoT) у пожежній безпеці майже не досліджена, хоча тема активно вивчається в світовій науковій спільноті. Натомість розглянуті кібератаки та загрози для IoT-мереж та пристроїв, що використовуються в інших галузях, проте вони без прив'язки до сфери пожежної безпеки [2], а також наявні нормативні документи що регламентують архітектуру інтернету речей [3] та інфраструктуру додатків для енергоменеджменту реагування на потреби промислових об'єктів [4].

Важливість інформаційного забезпечення для ефективного функціонування систем управління безпекою та захистом у надзвичайних ситуаціях підкреслює робота [5]. У свою чергу, [6] розглядає сутність концепції забезпечення безпеки середовища життєдіяльності, що є актуальним у контексті потенційних загроз. Роль інформаційного забезпечення у сфері цивільного захисту розглянуто в [7]. Крім того, в [8] проводиться аналіз факторів забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини, що є важливим при розробці систем пожежної безпеки. Дослідження [9] демонструє потенціал застосування передових технологій для підвищення загального рівня безпеки.

У закордонних джерелах використовують комплексний підхід, що включає аналіз існуючих систем виявлення пожежі, алгоритмів на основі штучного інтелекту та машинного навчання. Зокрема, розглянуто використання датчиків температури, диму та газів, підключених до єдиної мережі для оперативного виявлення загорянь [10].

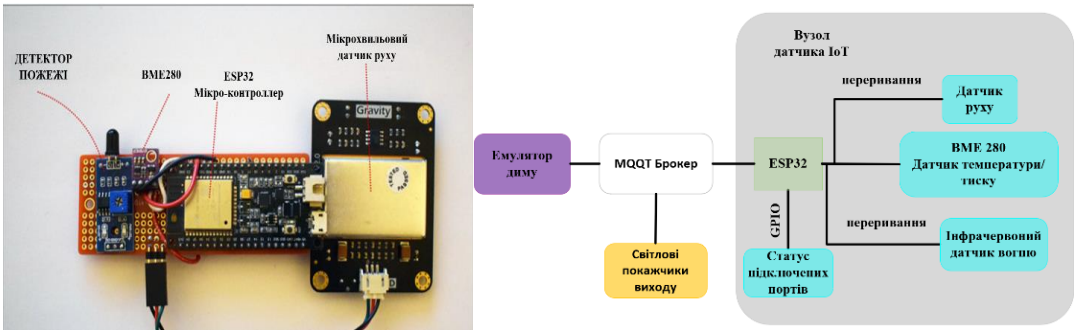


Рис. 1. Приклад реалізації інтернету речей (IoT)у сфері пожежної безпеки [11].

IoT складається з набору різнорідних і незалежних фізичних об’єктів, які поділяють однаковий спектр існуючої Інтернет-інфраструктури [11]. Він охоплює три типи комунікацій, які можна встановити в обмежених зонах або зробити загальнодоступними: «людина-речі» (H2T), «речі-речі» (T2Ts) або «машина-машина» (M2M).

Загалом інтеграція алгоритмів виявлення пожежі та оцінки ризиків з технологіями IoT значно підвищує якість роботи систем пожежної безпеки. Існуючі рішення дозволяють не лише швидко виявляти загоряння, але й прогнозувати потенційні ризики, що сприяє запобіганню надзвичайним ситуаціям [10].

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2024 року. URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/3/0/1/6/1/2/analiticna-dovidka-pro-pozezi-za-12-misiaciv-2024-na-sait.pdf

2. Кібератаки на IoT пристрої: мета, наслідки та рішення. URL: https://wezom.com.ua/ua/blog/kiberzagrozi-dlya-internetu-rechey-iot-zahist-smart-pristroyiv

3. ДСТУ ISO/IEC 30141:2019 Інтернет речей. Еталонна архітектура (ISO/IEC 30141:2018, IDT).

4. ДСТУ EN IEC 62872-2:2022 Вимірювання, управління та автоматизація промислових процесів. Частина 2. Інтернет речей (IoT). Інфраструктура додатків для енергоменеджменту реагування на потреби промислових об’єктів (EN IEC 62872-2:2022, IDT; IEC 62872-2:2022, IDT).

5. Качала В.В., Тімаков Є.В., Рашкевич Н.В. Інформаційне забезпечення системи управління безпекою та захистом у надзвичайних ситуаціях. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 237.

6. Карпенко В.Л., Черепаха Р.Е., Рашкевич Н.В. Сутність концепції забезпечення безпеки середовища життєдіяльності. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 298–299.

7. Пономаренко А.В., Рашкевич Н.В. Роль інформаційного забезпечення у сфері цивільного захисту. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 196–197.

8. Гаврилюк К.Р., Черепаха Р.Е., Рашкевич Н.В. Розгляд факторів забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Харків: НУЦЗ України, 29 лютого 2024. С. 184–185.

9. Анацький Д.Д., Рашкевич Н.В. Використання технологій машинного навчання для виявлення антисоціальної поведінки на робочому місці. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Харків: НУЦЗ України, 29 лютого 2024. С. 176–177.

10. Gamaleldin, M. (2020).Improving fire safety systems based on internet of things and deep learning : Master of Applied Science.

11. Sahraoui, S., Bilami, A. (2018). Securing human-to-thing interactions in the Internet of Things with asymmetric and selective mechanism. Security and privacy. e38. URL: https://doi.org/10.1002/spy2.38

УДК 680.546.

МОНІТОРИНГ РОЗВИТКУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Курепін В.М., *к.екон.н., доцент*
Миколаївський національний аграрний університет

Лісові пожежі дедалі стають небезпечнішим явищем, а боротьба із ними стає не тільки місцевою та регіональною і державною проблемою. Являючись потужним природним та антропогенним фактором лісові пожежі істотно змінюють функціонування та стан лісів, поширюючись на величезні площі вони становляться надзвичайно небезпечними для життя людини. Для відновлення лісу потрібно кілька десятків років і кілька лісових поколінь.

Будь-яка пожежа на території державного лісового фонду може перетворитися на справжнє лихо [1, с. 146]. Відновлення лісів, особливо хвойних, дуже довгий процес, це непоправна шкода навколишньому середовищі, а держава зазнає серйозних матеріальних витрат. Причинами їх виникнення є природні (так звані сухі грози) та антропогенні (необережного поводження з вогнем) фактори.

Для оцінки екологічної безпеки потрібний аналіз великих обсягів різнорідної інформації, неузгодженість цілей різних державних органів. Вирішення таких завдань неможливе без використання сучасних інформаційних систем підтримки прийняття рішень.

Не визиває сумнівів необхідність створення та функціювання єдиної системи моніторингу та прогнозування виникнення лісових пожеж, що існує та працює в єдиному інформаційному просторі. Це призведе до зниження масштабів їх наслідків за рахунок розробки можливих сценаріїв (моделі виникнення та розвитку екстремальної ситуації) та обґрунтування найбільш ефективних способів та заходів боротьби зі лісними пожежами.

Потрібна інформація, отримати її можна від системи контролю та регулярних тривалих спостережень у просторі та часі- моніторингу, під яким розуміють: – показники обстановки з пожеж; – фактори, що зумовлюють формування та розвиток пожежних та екологічних ризиків; – своєчасна розробка та реалізація заходів щодо зниження ризику пожеж; – ефективність проведення за певною програмою профілактичних заходів [2, с. 67] щодо зниження ризику пожеж і матеріальних та екологічних збитків, що ними наносяться.

Цілями пожежного та екологічного моніторингу безпеки є своєчасне виявлення факторів, що впливають на обстановку лісових пожеж та характер її розвитку; вироблення управлінських рішень та прийняття заходів щодо запобігання пожеж та зниження завданих ними збитків. Такі цілі досягаються при дотриманні принцип безперервності спостереження за станом об’єкта [3, с. 67] з урахуванням фактичного стану та тенденцій зміни обстановки.

Моніторингові системи повинні забезпечувати постійне спостереження за явищами та процесами, які відбуваються в природі та техносфері, вони повинні передбачати наростаючі загрози для середовища існування людини. Моніторингова інформація, це основа для прогнозування за рахунок надання даних для точного та достовірного прогнозу надзвичайних ситуацій на основі об’єднання інтелектуальних, інформаційних та технологічних можливостей різних відомств та організацій, які займаються спостереженням за окремими видами небезпек.

У повсякденній діяльності прогнозуються – можливість виникнення загрозливих ситуацій: їх місце, час, інтенсивність [4, с. 147]; – можливі масштаби та інші характеристики. Моніторинг ймовірності виникнення надзвичайної ситуації використовується для запобігання багатьом невизначеним подіям, при яких ситуація, без впливу на неї, може вийти з під контролю [5, с. 147]. У разі настання надзвичайної ситуації – можливий розвиток обстановки, ефективність тих чи інших заходів ліквідації

самої ситуації та її негативних факторів впливу на людину та екологію; необхідні матеріальні, технічні та фінансові ресурси.

Для забезпечення якісного та своєчасного моніторингу навколишнього середовища дедалі активніше впроваджуються автоматизовані інформаційні системи, що ґрунтуються на математичному моделюванні. Прискорений розвиток електроніки дав можливість розробки різних датчиків з можливістю передачі даних через інтернет або супутниковий зв'язок, обробки даних, що надходять на основі мікропроцесорної техніки в реальному часі.

Отже, проблема попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій пов'язаних з лісовими пожежами, залишається дуже актуальною. На теперішній час методи моніторингу лісових пожеж недостатньо ефективні, та в деяких ситуаціях виявляються неспроможними оптимально контролювати небезпечні процеси. Щоб виправити це, необхідно розробити надійну систему моніторингу та моделювання лісових пожеж у режимі реального часу, яка буде впливати на процес прогнозування поширення пожеж, буде здатна знаходити «гарячі точки», передбачати їх, слідкувати за поширюванням вогню, своєчасно виявлятиме пожежі та відправляти сигнали на миттєве реагування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ivanenko V. Technological load on the natural environment of the Mykolaiv region: problems, solution ways. Науково-практична конференція, присвячена Всесвітньому метеорологічному дню «На варті кліматичних дій» та Всесвітньому дню водних ресурсів «Вода для миру» (м. Київ, 22-23 березня 2024 р.). Київ, 2024. С. 146–148. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18868

2. Курепін В.М., Іваненко В.С. Застосування цифрових технологій у сільському господарстві для досягнення цілей сталого розвитку. ModernEconomics. 2024. № 47(2024). С. 62-69. DOI:https://doi.org/10.31521/modecon.V47(2024)-09

3. Бацуровська І.В., Курепін В.І. Програмно-технічне забезпечення цифрових освітніх систем: інноваційні підходи та перспективи розвитку. Moderní aspekty vědy: XLVII. Díl mezinárodní kolektivní monografie / Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. S. 151–165. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18716

4. Іваненко В.С. Захист навколишнього середовища як засіб збереження та побудови миру. Сталий розвиток міст : матеріали XVI Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції : в 4-х ч. / Ч. 2., 21-22 квітня 2023 року. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 634–638. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/13799

5. Лотарєва Д.В. Сучасні інформаційні технології у системі управління. Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції : матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 23–25 жовтня 2024 р.). Миколаїв: МНАУ, 2024. С. 146–148. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18921

УДК 351.751

ІНФОРМУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ У ПЕРІОД ВОЄННОГО СТАНУ

Михайловська Ю.В.*[1]*, *PhD,*
***Михайловський Ю.І.*[2]**
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*ГУ ДСНС України у Київській області*

Інформування населення у період воєнного стану є важливою складовою частиною системи управління кризовими ситуаціями. Під час війни чи надзвичайної ситуації (далі – НС), пов'язаної з військовими діями, ефективна комунікація з населенням здатна зберегти життя людей, забезпечити їхню безпеку та мінімізувати паніку.

Кодексом цивільного захисту України [1], а саме статтями 39–42, визначено, що навчання населення діям у НС здійснюється:

за місцем роботи – працюючого населення;

за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів;

за місцем проживання – непрацюючого населення.

Також вкрай важливо, щоб інформація, що надходить до населення, була своєчасною та достовірною. У період воєнного стану це означає, що кожен момент може бути критичним.

Інформаційні канали повинні бути оновлені в реальному часі, щоб люди мали актуальні відомості про обстановку. Для цього необхідно використовувати такі канали для передачі інформації:

– *телебачення та радіо*: традиційні канали, які дозволяють досягти великої аудиторії, мати резервні джерела зв'язку, наприклад, FM-радіостанції, щоб покрити відсутність електроенергії;

– *інтернет і соціальні мережі*: використання офіційних державних сайтів, акаунтів в соцмережах (Facebook, Twitter, Telegram) для поширення новин, проте важливо контролювати інформаційний простір, аби уникнути паніки і фейкових новин;

– *мобільні додатки*: додатки для екстрених повідомлень, наприклад, через SMS або Push-повідомлення, що дають можливість швидко інформувати великі групи населення;

– *сирени і гучномовці*: в умовах обмеженого доступу до сучасних технологій сирени або гучномовці є важливими засобами для передачі термінових повідомлень, наприклад, сигнал про повітряну тривогу;

– *вуличні інформаційні панелі:* електронні табло, розміщені в міських районах, також можуть передавати інформацію про евакуацію або інші важливі заходи.

Місцеві органи влади повинні бути активно залучені до інформування населення, забезпечуючи швидку реакцію на зміни ситуації та актуалізацію даних про безпеку, укриття і допомогу. Після розповсюдження інформації необхідно оцінити, наскільки вона була корисною та зрозумілою для населення, і при необхідності коригувати стратегію комунікації.

Для забезпечення належного рівня інформування важлива в тому числі і співпраця з міжнародними організаціями (ООН, Червоний Хрест), які можуть допомогти з розповсюдженням інформації серед населення, забезпечити гуманітарну допомогу, а також координувати міжнародні зусилля. Інструкції щодо дій у разі небезпеки, тобто державні органи та волонтерські організації мають розробляти і поширювати прості й зрозумілі інструкції для населення, наприклад, на плакатах, у брошурах чи в онлайн-ресурсах.

Також під час військових дій дуже важливо інформувати громадян про доступні засоби захисту, укриття, правила поведінки під час обстрілів, а також місця для

отримання медичної допомоги. Інформування про наявні ресурси для тих, хто потребує допомоги (продукти харчування, ліки, гуманітарну допомогу).

Приклад одного з проєктів у сфері інформування і залучення, що впроваджено в нашій державі це: проєкт PROSTO [2]. Проєкт PROSTO «Підтримка доступності послуг в Україні», фінансується Урядом Швеції через Шведське агентство міжнародного розвитку Sida та реалізується компанією SALAR International (дочірня компанія Шведської асоціації місцевих влад та регіонів SALAR) в Україні у 2021–2024 роках.

Окремий напрям роботи експертів проєкту PROSTO – посилення здатності громад в умовах воєнного стану інформувати про послуги та залучати жителів до демократичних процесів, враховуючи, зокрема, інтереси вразливих категорій населення та внутрішньо переміщених осіб. Проєкт PROSTO спільно з Всеукраїнською асоціацією об'єднаних територіальних громад провели дослідження стану інформування і залучення жителів громад в умовах воєнного стану. В анкетуванні взяли участь 156 респондентів – представників органів місцевого самоврядування зі 131 громади, відповідальних за інформування та комунікацію в громадах. На рис. 1 наведені ключові аспекти опитування жителів громад.



Рис. 1. Інформування жителів громади. Топ-5 каналів комунікації.

Даний проєкт фокусується на підтримці реформи децентралізації, посилення потенціалу місцевих органів влади надавати послуги на благо жителів України. Така доступність послуг неможлива без належного інформування, комунікації та залучення жителів громад до прийняття рішень.

Висновок. Метою дослідження було з'ясування потреб та проблемних аспектів інформування і залучення громадян до демократичних процесів у громадах, взаємодії інститутів громадянського суспільства та органів місцевого самоврядування у період воєнного стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України. URL: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/5403-17

2. Дослідження «Стан інформування і залучання жителів громад в умовах воєнного стану». Проєкт PROSTO «Підтримка доступності послуг в Україні» м. Київ, 20 листопада 2023 р. URL: http://zakon.rada.gov.ua /laws/show/841-2013-п#Text

УДК 614.8

МОНІТОРИНГ ТА РОЗРОБКА УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ГАЗОНАПОВНЮВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ТОВ «ТЕРМІНАЛ ЛПГ»

Петухова О.А., *к.т.н., доцент,*
Єфимова Д.В.
Національний університет цивільного захисту України

Цивільний захист є комплексною системою, що забезпечує безпеку населення і територій під час надзвичайних ситуацій, що виникають в результаті природних, техногенних катастроф або антропогенних впливів. У сучасному світі ефективне управління цивільним захистом є ключовим елементом у мінімізації втрат і збитків під час надзвичайних ситуацій.

ТОВ «ТЕРМІНАЛ ЛПГ» є об'єктом підвищеної небезпеки, оскільки на ньому здійснюється обробка, зберігання, наповнення та транспортування зрідженого вуглеводневого газу (ЛПГ). Газонаповнювальна станція (ГНС), що є частиною інфраструктури терміналу, має високий потенціал для виникнення аварійних ситуацій, таких як вибухи, пожежі або витоки газу, через специфіку зберігання та обробки вибухонебезпечних та горючих речовин.

Основними технологічними процесами, шо виконуються на ГНС з небезпечними речовинами, є:

– зливання зрідженого газу з залізничних або спеціалізованих автоцистерн до ємностей зберігання;

– зберігання горючих зріджених газів у підземних резервуарах;

– відпуск зрідженого газу в автоцистерни (АЦЗГ) для транспортування кінцевим споживачем.

У зв'язку з високим рівнем небезпеки, який супроводжує роботу газонаповнювальної станції, існує кілька потенційних сценаріїв виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з пожежами та вибухами. Газонаповнювальна станція ТОВ «ТЕРМІНАЛ ЛПГ» потребує ретельного контролю за технічним станом, постійного моніторингу та своєчасного реагування на будь-які відхилення в технологічних процесах. Високий рівень пожежної небезпеки, зокрема ризики вибухів та пожеж, вимагають постійного вдосконалення система безпеки та управлінських рішень для забезпечення надійного захисту від надзвичайних ситуацій.

Розробка і реалізація комплексного плану запобігання та реагування на надзвичайні ситуації є необхідною умовою для зниження ризиків та забезпечення безпеки на об'єкті. Вдосконалення управлінських рішень дозволить знизити ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій та ефективно ліквідовувати їх наслідки, що в свою чергу дозволить забезпечити надійну та безпечні експлуатацію газонаповнювальної станції ТОВ «ТЕРМІНАЛ ЛПГ». Також, невід'ємною складовою сучасного управління є системи навчання і підготовки персоналу до дій у разі надзвичайних ситуацій. Це включає тренування для рятувальних команд, медичного персоналу, а також для керівників, які приймають управлінські рішення. Постійне вдосконалення цих навичок, як на практичних заняттях, так і в теоретичному навчанні, є необхідною умовою для забезпечення оперативності та ефективності дій у реальних умовах. Важливим аспектом є також створення програм для підготовки населення до дій у надзвичайних ситуаціях, що підвищує рівень готовності громадян. Загрози, пов'язані з воєнними діями на території України, часто наносять глобальних характер. Тому важливою складовою сучасного управління є міжнародна співпраця в сфері цивільного захисту. Міжнародні організації, такі як ООН, ЄС, Червоних Хрест, активно сприяють розвитку стандартів і практик, які

забезпечують взаємодію між країнами під час кризових ситуацій. Це включає обмін інформацією, спільне навчання, координацію надання гуманітарної допомоги та обмін досвідом у вирішенні різноманітних загроз.

Управління цивільним захистом є комплексним процесом, який включає організацію, планування, контроль, комунікацію та координацію між різними рівнями влади та установами, які беруть участь у цьому процесі. Для забезпечення ефективності цього управління розроблено сучасні методи, які є основою для досягнення високої результативності в сфері цивільного захисту.

Сучасні методи управління в сфері цивільного захисту орієнтовні на підвищення ефективності реагування на НС, своєчасне попередження їх виникнення та швидке відновлення після катастрофічних подій.

Методи прогнозування та моніторингу є основою для управління цивільним захистом. Вони дозволяють передбачити можливі надзвичайні ситуації і запобігти або мінімізувати їх наслідки.

Один із важливих аспектів сучасного управління цивільним захистом полягає в організації ефективної взаємодії між різними ланками управління та службами.

Також, значну роль відіграють інформаційні технології, що використовуються для моніторингу ситуації, обміну даними та прийняття рішень.

Обґрунтування найефективнішого методу управління для газонаповнювальної станції ТОВ «ТЕРМІНАЛ ЛПГ» є важливим аспектом для забезпечення стабільної та безпечної роботи цього підприємства. Газонаповнювальна станція, що займається перевантаженням і зберіганням зрідженого газу, потребує високоякісного управлінського підходу для забезпечення не тільки ефективності виробничих процесів, а й безпеки операцій, збереження екологічних стандартів та оптимізації витрат.

Методи управління в сфері цивільного захисту активно інтегрують новітні технології, оптимізують організаційні структури та враховують сучасні виклики, що з'являються у зв'язку з зовнішніми факторами. Вони допомагають забезпечити своєчасне реагування на надзвичайні ситуації, зниження ризиків та втрат, а також ефективну координацію дій на всіх рівнях управління. Для покращення системи цивільного захисту важливо продовжувати інвестувати в нові технології, навчання персоналу та модернізацію структури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кошкін А.О. Інформаційно-аналітичне забезпечення системи державного управління в умовах екстремальних ситуацій (інцидентів). Теорія та практика державного управління. 2014. № 3. С. 257–263.

2. Євтушенко О.Н. Управлінські рішення: сутність та характерні риси. URL: https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/naukpraci/govermgmt/2014/249-237-8.pdf

3. Кривов'язюк І. Управлінські інновації в системі рішень сучасного бізнесу. Економічний форум. 2022. № 1. С. 127134.

4. Терещенко Л.О., Гужко С., Шайкан А.В. Управлінські інформаційні системи:підручник. Київ, 2008. 485 с.

УДК 35:004.896:17

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Рибальченко О.О*[1]*.,
Отрош Ю.А.*[2]*, *д.т.н.,професор,*
Щеголева М.Г.*[3]*, *к.мед.н., доцент*
[1]*Мобільний рятувальний центр швидкого реагування ДСНС України,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України,*
[3]*Харківський національний медичний університет*

Штучний інтелект як інструмент, вже сьогодні допомагає вирішувати різні завдання, від яких залежать життя людей. Особливо це відчутно там, де кожна секунда має вагу, де помилки стають трагедіями. Пожежна безпека – саме така сфера. І коли мова йде про застосування новітніх технологій у цій галузі, йдеться не про моду чи технічні інновації заради інновацій, а про людей: рятувальників, яких щодня викликають на черговий виїзд, і тих, кого вони рятують.

У світі пожеж стає більше. Погода змінюється, ліси горять довше й агресивніше, служби реагування працюють частіше. У Каліфорнії вогонь впритул підходить до житлових кварталів, в Австралії вигоряють тисячі гектарів дикої природи.

В Україні це все ще й з врахуванням війни. Пожежі виникають не лише через спеку чи необережність, а внаслідок ракетних ударів і обстрілів ворогом. Там, де ще вчора був будинок, сьогодні – дим і уламки. Рятувальники працюють під сиренами, іноді під звуки чергового «прильоту».

І тут на допомогу може прийти те, що ще вчора здавалося «технологією майбутнього». Системи штучного інтелекту здатні помічати загоряння раніше, ніж їх бачить людське око. Вони аналізують відео з камер, супутникові знімки, дані про вітер, рельєф, вологість. Вони не замінюють людину – вони дають їй час. А час – це часто єдине, чого бракує.

У деяких країнах ці системи вже працюють. В Україні їхнє впровадження лише починається, але ці перші кроки мають велике значення. Бо якщо завдяки алгоритму вогонь буде зупинений на 10 хвилин раніше – це може означати, що не згорить чийсь будинок, або що група рятувальників не опиниться в пастці полум'я.

Це дослідження – не про технології як такі. Воно про те, як зробити роботу рятувальників ефективніше. Особливо це важливо в період військового стану, коли на рахунку кожна секунда і кожен ресурс.

Програмні комплекси з елементами ШІ пропонують інноваційні рішення для кожного етапу роботи з пожежами: від прогнозування та раннього виявлення до управління ресурсами і відновлення територій після надзвичайних ситуацій. Штучний інтелект дозволяє оперативно обробляти великі обсяги даних і забезпечує точність аналізу, що робить його зручним інструментом у сучасній пожежній безпеці.

Аналіз 20 прикладних запитів засвідчив, що GPT може бути справді корисним у рутинних комунікаційних задачах: створення звітів, аналітичних нотаток, інструкцій, попередніх шаблонів. Разом з тим модель має свої межі. Вона чутлива до формулювань, не працює з закритими джерелами і не завжди може гарантувати точність у важливих деталях. Усе це не скасовує користі, але потребує людського втручання. Візуалізований результат, зокрема таблиця ефективності (табл. 1), дозволили побачити загальну логіку роботи GPT у прикладному середовищі й окреслити напрями, де можна використовувати з максимальною віддачою.

Таблиця 1. Підсумки запитів і оцінка ефективності ШІ

№ запиту	Короткий зміст запиту	Рівень складності	Потенційна ефективність ШІ	Тип задачі
1	Пояснення ролі системи димовидалення (EN 12101-6) при пожежі в паркінгу	середній	середня	Пояснення
2	Технічний аналіз вимог EN 12101-6:2022 до димовидалення (паркінг)	високий	висока	Розгорнутий аналіз
3	Просте пояснення вимог ДСТУ 8828:2019 до шляхів евакуації (PDF)	середній	середня	Сумаризація документа
4	Ключові вимоги ДСТУ 8828:2019 до евакуації + цитати зі стандарту (PDF)	середній	висока	Сумаризація + цитування
5	Порівняння вимог димовидалення: ДСТУ 8828:2019 vs EN 12101-6	середній	середня	Порівняльний аналіз
6	Таблиця «Правила евакуації (ДСТУ 8828:2019) + поради для населення»	середній	висока	Сумаризація та таблиця
7	Аналіз пожежі за фото та зведенням (київська пожежа, 16.03)	високий	середня	Аналіз зображення + текст
8	Ймовірна хронологія подій пожежі за одним фото (службова записка)	високий	середня	Аналіз зображення (сценарій)
9	Переклад фрагменту міжнародної угоди (ENG→UKR, офіційний стиль)	середній	висока	Машинний переклад
10	Опис фото нічної пожежі + 2 поради для Facebook (для населення)	низький	висока	Генерація тексту (соцмережі)
11	Текст для інфографіки: «Дії при пожежі в квартирі» (6 кроків)	низький	висока	Генерація інструкції
12	Опис для генерації ілюстрації: нічна пожежа, рятувальники, евакуація	середній	висока	Генерація промту (опис сцени)
13	Опис кадру (будівля в розрізі) для навчальної графічної ілюстрації	середній	висока	Детальний опис (тех. завдання)
14	Сценарій короткого навчального відео (евакуація з ТЦ при пожежі)	середній	висока	Генерація сценарію (відео)
15	Пресреліз: навчання INSARAG (Польща) – участь МРЦ ШР ДСНС	середній	висока	Генерація офіційного тексту
16	Офіційний звіт: навчання MODTTX (Німеччина) – участь ДСНС	високий	середня	Генерація структурованого звіту

17	Тижневий звіт (7–13.04.2025) МРЦ ШР ДСНС у PDF (дані з сайту)	високий	низька	Автоматизований звіт (PDF)
18	Презентація PowerPoint: «ДСНС під час війни» (сценарій + фото)	високий	середня	Автогенерація презентації
19	Таблиця оперативної інформації ДСНС (введення голосом)	середній	висока	Розпізнавання мовлення + таблиця
20	Excel-звіт за добу НС в Україні (дані з фото таблиці)	високий	низька	Зображення + таблиця (Excel)

Загалом можна сказати, GPT цілком придатний для використання як практичний інструмент для вирішення задач служби цивільного захисту [4, 5]. Найбільший сенс у його залученні там, де йдеться про швидкий аналіз, генерацію текстів, створення навчальних або інформаційних матеріалів [6–8]. І за умови супроводу з боку фахівця – модель може стати не просто помічником, а цінною складовою робочого процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пурденко Р.Р., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Сур'янінов М.Г. Моделювання стійкості та надійності системи грунт-фундамент-будівля при дії силових та високотемпературних впливів. Механіка та математичні методи. VI/1/2024. С. 36–48.

2. Ковальов А.І., Отрош Ю.А., Рашкевич Н.В., Рудаков С.В., Томенко В.І., Юрченко С.П. Вогнестійкість вогнезахищених сталевих конструкцій для підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів.

3. Отрош Ю.А., Ковальов А.І., Рашкевич Н.В., Тараненко І.С. Оцінювання вогнестійкості будівлі із вогнезахищених залізобетонних будівельних конструкцій. Комунальне господарство міст, 2023. 3(177). С. 134–141. DOI: 10.33042/2522-1809-2023-3-177-134-141Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. 1(37). С. 282–292.

4. Качала В.В., Тімаков Є.В., Рашкевич Н.В. Інформаційне забезпечення системи управління безпекою та захистом у надзвичайних ситуаціях. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 237.

5. Пономаренко А.В., Рашкевич Н.В. Роль інформаційного забезпечення у сфері цивільного захисту. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2023 р. С. 196–197.

6. Анацький Д.Д., Рашкевич Н.В. Використання технологій машинного навчання для виявлення антисоціальної поведінки на робочому місці. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Харків: НУЦЗ України, 29 лютого 2024. С. 176–177.

7. Карпенко В.Л., Черепаха Р.Е., Рашкевич Н.В. Сутність концепції забезпечення безпеки середовища життєдіяльності. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 298–299.

8. Гаврилюк К.Р., Черепаха Р.Е., Рашкевич Н.В. Розгляд факторів забезпечення безпеки середовища життєдіяльності людини. Матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Харків: НУЦЗ України, 29 лютого 2024. С. 184–185.

УДК 614.8

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС БЕЗПРОВІДНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

Рудаков С.В., *к.т.н., доцент*
Сокорева Р.М.,
Даник Ю.О.
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення безпечного функціонування енергетичної галузі є одним із ключових завдань України в межах гарантування національної безпеки. Серед зовнішніх загроз, що негативно впливають на енергетичний сектор, виділяються геополітичні та терористичні фактори, тоді як внутрішні ризики пов'язані з ефективністю роботи енергетичної системи в масштабах держави.

Об'єкти енергетичного комплексу становлять основу енергетичного сектора країни, формуючи багаторівневу взаємопов'язану систему, яка забезпечує виробництво енергії та її постачання до споживачів. Аварія навіть на одному з таких об'єктів може загрожувати стабільному функціонуванню всього енергетичного комплексу.

Хоча кількість пожеж на об'єктах енергетичного комплексу є незначною у загальному масштабі, їхні наслідки часто мають серйозний вплив на території та населення. Превентивні заходи, спрямовані на запобігання пожежам, а також їх своєчасна ліквідація є ключовими завданнями в межах реалізації концепції національної безпеки держави [1–3].

Оперативне виявлення загоряння, передача сигналу про пожежу та ефективне її гасіння є основою для мінімізації матеріальних збитків і зменшення кількості постраждалих. Відтак, надійність каналів зв'язку та гарантована передача інформації у системі управління підрозділами ДСНС України відіграють критично важливу роль у забезпеченні безпеки енергетичного сектору.

Велика загроза для життя і здоров'я персоналу на об'єктах енергетичного комплексу виникає при горінні полімерних матеріалів, горючих сумішей та палива, внаслідок чого виділяється велика кількість диму, а вогонь поширюється дуже швидко. Часто це пов'язано з невчасної передачею сигналу про пожежу на пульт пожежної охорони та великою кількістю горючих матеріалів, що впливає на загальну тривалість ліквідації пожежі, вимагає великих матеріальних витрат, а також залучення великої кількості сил і засобів.

Основна перевага систем протипожежного захисту людей та матеріальних ресурсів від пожежі – безперебійне функціонування. Однак, надійність даних систем недостатньо висока, часто мають місце функціональні збої, «зависання» обладнання та хибні спрацьовування. Досвід виробництва та технічного супроводу провідних систем пожежної сигналізації (СПС) вказує на наявність похибки гарантованого спрацьовування існуючих систем, а також порушення комунікації при підключенні компонентів системи. Ці дані виражені як в числових значеннях, так і в процентному співвідношенні до загальної кількості об'єктів, оснащених системою пожежної сигналізації.

Статистика показує, що близько третини СПС на об'єктах не спрацьовують. Однак, навіть використання СПС з низьким показником надійності дозволяє колосально знизити матеріальний збиток від пожежі, шляхом збереження обладнання і виробничих приміщень.

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

– постійний контроль за роботою СПС об’єктів енергетичного комплексу;

– оперативна передача інформації щодо роботи СПС і виникненні позаштатних ситуацій (у тому числі пожеж та НС) на об’єктах захисту чергової зміні ГУ, для проведення своєчасних заходів по їх усуненню;

– підвищення надійності і якості роботи систем автоматичного моніторингу пожежної безпеки об’єктів енергетики за рахунок реалізації проактивного моніторингу.

Побудова програмно-апаратного комплексу безпровідного моніторингу пожежної безпеки об’єктів енергетики засновано на наступних принципи:

– забезпечення централізованого управління СПС;

– забезпечення повноти, актуальності і своєчасності інформації щодо стану СПС на об’єктах енергетичного комплексу;

– забезпечення надійного зберігання інформації, яка надходить і оброблюється;

– забезпечення доступу до інформації, яка зберігається в ОДС ОКЦ і у керівництва ДСНС України;

– можливість обробки і аналізу масиву реєстрованих подій для визначення причин збоїв і виникаючих проблем;

– максимальне використання існуючою інформаційної інфраструктури.

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

На основі результатів аналізу інформаційних потоків в каналах цифрової мережі зв’язку, де час приймання повідомлень про пожежі та НС описується розподілом Ерланга 3-го порядку, і модифікованих співвідношень Джейсуола побудована математична модель функціонування комплексної системи пожежного моніторингу об’єктів енергетичного комплексу та теоретично обґрунтовані положення її застосування. Підтверджено задовільна збіжність теоретичних та практичних даних.

Розроблено основні і спеціальні техніко-експлуатаційні вимоги до КСПМ і на основі методів експертних оцінок розроблений комплексний критерій кількісної оцінки функціонування безпровідних систем пожежного моніторингу об’єктів енергетики На прикладі двох систем пожежного моніторингу проведений вибір найбільш оптимальної системи з найбільшим значенням комплексного критерію.

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Касьонкіна Н.Д., Рашкевич Н.В. Постановка задач дослідження впливу лісових пожеж на об’єкти енергетики. Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 39–40.

2. Касьонкіна Н.Д., Рашкевич Н.В. Особливості розрахунку впливу лісових пожеж на об’єкти енергетики. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 51.

3. Касьонкіна Н.Д., Рашкевич Н.В. Дослідження інтенсивності теплового потоку лісової пожежі. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Черкаси: НУЦЗ України, 2025 р. С. 40.

УДК 628.9

ОЦІНКА ОСОБЛИВОСТЕЙ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, СПРИЧИНЕНИХ ПОЖЕЖАМИ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИБУХІВ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Сидоренко В.В.,
Миргород О.В., *к.т.н., с.н.с., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Під поняттям об'єктів критичної інфраструктури розуміють елементи інфраструктури, окремі системи, їхні частини або об'єднання, що мають важливе значення для національної економіки, безпеки та обороноздатності країни [1]. Порушення їх функціонування може завдати суттєвої шкоди ключовим національним інтересам.

Згідно з [2], в Україні офіційно затверджено Критерії для визначення підприємств, установ, організацій та суб'єктів господарювання приватного права, які визнаються критично важливими для забезпечення потреб Збройних Сил України та інших військових формувань у період особливого стану. Оцінка особливостей надзвичайної ситуації, спричиненої пожежею в результаті обстрілів об'єктів критичної інфраструктури, відіграє ключову роль у розробці дієвої системи реагування та зменшення негативних наслідків. До основних характеристик надзвичайних ситуацій, спричинених пожежами в результаті вибухів на об'єктах критичної інфраструктури можна віднести:

1) Просторова розосередженість зони ураження та необхідність паралельного реагування в кількох віддалених районах

Ураження відбувається на значній території, що потребує одночасного проведення аварійно-рятувальних заходів у географічно рознесених точках. Масштаби зони ураження залежать від типу вибухонебезпечних засобів. Наприклад, під час застосування артилерійських снарядів зона вибуху є обмеженою, тоді як при ударах реактивними системами залпового вогню типу «Град», «Смерч» або «Ураган» зона впливу може охоплювати радіус польоту снарядів і часто перевищує 30–40 км.

2) Імовірнісний характер розвитку подій та змінність параметрів надзвичайної ситуації

Надзвичайні ситуації не мають чітко визначеного сценарію розвитку, оскільки перебіг подій залежить від широкого спектра змінних чинників, вплив яких заздалегідь неможливо точно передбачити. Це значно ускладнює прогнозування та планування ефективних дій реагування.

3) *Тривалість надзвичайної ситуації та ризик її ескалації*

Значні об'єми нафтопродуктів, зосереджені на обмеженій площі поблизу житлових районів, створюють передумови для виникнення каскадних надзвичайних ситуацій. У таких випадках первинна пожежа чи вибух можуть спричинити повторне загоряння або детонацію інших резервуарів, що, своєю чергою, призводить до поширення полум'я на інші об'єкти підприємства. Такий ланцюговий характер подій значно ускладнює локалізацію НС та подовжує час її ліквідації.

4) Масові людські втрати та масштабна евакуація населення

Межі зони ураження визначають територію, що потрапила під дію небезпечних факторів надзвичайної ситуації, і безпосередньо впливають на кількість постраждалих, загиблих і тих, хто підлягає евакуації. У разі великомасштабних подій кількість евакуйованих осіб може сягати десятків тисяч, що потребує добре організованих заходів з безпеки, логістики та медичного забезпечення.

5) Значні матеріальні збитки

Надзвичайні ситуації, зокрема спричинені пожежами на критичних об'єктах,

завжди спричиняють серйозні економічні збитки. Усі втрати, завдані як здоров'ю людей, так і об'єктам національного господарства, класифікуються за видами відповідно до рівня фактичної шкоди. До них належать: знищені або пошкоджені будівлі та споруди різного призначення; ушкодження інженерної та транспортної інфраструктури; втрати, пов'язані з призупиненням виробничої діяльності; витрати на проведення рятувальних дій і домедичної допомоги, евакуацію населення, а також надання гуманітарної допомоги.

6) Необхідність координації дій з органами влади та залученими структурами

Під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій критично важливою є ефективна взаємодія з органами державної та місцевої влади, підрозділами Збройних Сил України, службами медицини катастроф, волонтерськими і благодійними організаціями.

Координованість дій усіх задіяних сторін значною мірою визначає оперативність та ефективність подолання наслідків надзвичайної ситуації.

8) Рівень надзвичайної ситуації: від регіонального до державного

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України [3], надзвичайна ситуація набуває регіонального рівня, якщо:

- її наслідки поширюються на території двох і більше районів або міст обласного значення, і для їх ліквідації потрібні ресурси, що перевищують можливості місцевих органів, а також становлять не менше 1 % видатків місцевих бюджетів;
- внаслідок події загинуло від 3 до 5 осіб, постраждало від 50 до 100 осіб або порушено нормальні умови життєдіяльності від 1 до 10 тисяч осіб на період понад три доби, при цьому завдані збитки перевищують 5 тисяч мінімальних заробітних плат;
- розмір прямих збитків становить понад 15 тисяч мінімальних заробітних плат.

З урахуванням наявної статистики [4] надзвичайні ситуації, пов'язані з ураженням об'єктів критичної інфраструктури, за масштабом територіального поширення, обсягом необхідних ресурсів для ліквідації наслідків, кількістю постраждалих та рівнем завданих збитків, найчастіше набувають статусу регіональних, а в окремих випадках – навіть державного рівня.

Висновок. В сучасних умовах вирішення проблеми ускладняються й тим, що підприємства, які використовують небезпечні технології, речовини та матеріали, можуть розглядатися як цілі найбільш ефективного застосування противником засобів ураження. Найбільші труднощі виникають при пожежах на нафтопереробних та енергетичних об'єктах із вибухонебезпечною технологією виробництва. Через активні бойові дії в результаті обстрілів виникають повторні й нові пошкодження нафтобаз та складів пально-мастильних матеріалів, що задає значних матеріальних збитків, масові людські втрати та загрозу навколишньому середовищу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#n132

2. Наказ Міноборони № 463 від 10.07.2024 «Про затвердження Критеріїв визначення підприємств, установ, організацій, а також юридичних осіб приватного права, які є критично важливими для забезпечення потреб Збройних Сил України, інших військових формувань в особливий період». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-24#Text

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 № 368 «Порядок класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями». URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF

4. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки за 12 місяців 2024 року. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/2/0/1/8/2/6/2/analitychna-dovidka-pro-pojeji-122023.pdf

УДК 351.82

ПОРЯДОК ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ ІНФРАСТРУКТУРНИМИ СИСТЕМАМИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Тарнавський А.Б., *к.т.н., доцент,*
Тур Н.Ю.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У Національному плані захисту інфраструктури встановлено [1], що ефективне управління ризиками вимагає розуміння важливості виробничих об'єктів, їх систем і комунікаційних мереж, а також відповідних залежностей між об'єктами критичної інфраструктури (ОКІ). Це є обов'язковою умовою покращення безпеки і стійкості критичної інфраструктури. Залежності – це відповідні зв'язки всередині інфраструктурних систем і між ними, які необхідно підтримувати для того, щоб дані системи функціонували чи надавали відповідні послуги [2]. Не зважаючи на наявність значної кількості різноманітних залежностей (внутрішніх, зовнішніх, ресурсних, просторових), процес визначення залежностей враховує лише функціональні і фізичні зв'язки, які існують між різним системами (наприклад, системи постачання питної води для населення міст потребують електроенергії для нормальної роботи насосного обладнання).

Залежності між інфраструктурними системами мають мультиплікативний ефект, оскільки небезпека або загроза може призвести до втрати доступу до послуг (наприклад, припинення електропостачання). Це, в свою чергу, може вплинути на інші ОКІ, які використовують дані ресурси, а це, зі свого боку, вплине на роботу інших ОКІ, які залежать від них. Негативний вплив на єдиний виробничий вузол або ланку може призвести до суттєвої матеріальної чи економічної шкоди у масштабах міста, регіону або держави [3]. Краще розуміння залежностей, особливо тих, що стосуються ключових інфраструктурних систем, може вплинути на оцінювання ризиків і виявити нові пріоритети щодо підвищення їх стійкості [4].

З метою виявлення залежностей між інфраструктурними системами критичної інфраструктури необхідно брати до уваги такі фактори:

– *Наявність основних і другорядних джерел (постачальників) матеріальних або енергетичних ресурсів та послуг, що необхідні для роботи ОКІ*. Наприклад, аналізуючи енергетичну залежність певного ОКІ, територіальна громада повинна визначити постачальника послуг розподілу електроенергії і місцезнаходження основних та допоміжних електропідстанції, від яких залежить безперервна робота даного ОКІ;

– *Наявність резервних джерел матеріальних або енергетичних ресурсів, що необхідні для роботи ОКІ у випадку виникнення на його території надзвичайної ситуації чи застосування противником засобів повітряного нападу*. Наприклад, розглядаючи залежність ОКІ від електро- і водопостачання, територіальна громада повинна встановити резервні електрогенератори і резервуари для зберігання запасу питної води, що знаходяться на території ОКІ на випадок серйозного інциденту чи змін у ланцюжках електро- чи водопостачання;

– *Негативний вплив на ОКІ нижчого рівня та базові послуги після збою або погіршення роботи.* Наприклад, повне припинення або часткове електропостачання може зупинити роботу промислового об'єкта водопостачання (водовідведення), оскільки насосне обладнання не може працювати у звичному режимі, а кібер- та інформаційні системи не можуть проводити моніторинг технологічних операцій.

Прикладами типових (поширених) залежностей між інфраструктурними системами критичної інфраструктури можуть бути:

– системи водопостачання населення та промислових підприємств потребують електроенергії для роботи насосного обладнання;

– системи надання фінансових послуг залежать від доступності комунікацій, що необхідні для проведення операцій, а власне системи комунікацій потребують надійного та безперебійного електропостачання для своєї роботи;

– технічним бригадам, які займаються ремонтом систем розподілу електроенергії, необхідний доступ до доріг;

– служби екстреного реагування (пожежна охорона, поліція, швидка медична допомога, аварійна служба газу) залежать від доступу до комунікацій та доріг з твердим покриттям;

– кібер- та ІТ-інфраструктура використовується для забезпечення нормального функціонування і моніторингу технологічних параметрів роботи систем електро, тепло, газо-, водопостачання (водовідведення), транспортних мереж і т.п.;

– постійне та безперебійне постачання харчових продуктів, товарів та послуг необхідне для нормального функціонування та життєзабезпечення цивільного населення;

– забезпечення висококваліфікованим персоналом необхідне для безаварійної роботи промислових підприємств та ОКІ.

Проте слід враховувати, що деякі постачальники послуг (наприклад, у сфері енергетики, банківських послуг чи ІТ-комунікацій) можуть вагатися щодо надання групі осіб секретної інформації або інформації з обмеженим доступом про залежність систем через наявність занепокоєнь з приводу безпеки обміну інформацією та виникнення адміністративної або кримінальної відповідальності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національний план захисту та забезпечення безпеки та стійкості критичної інфраструктури: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 19.09.2023 № 825-р.

2. Внесок і завдання територіальних громад щодо реалізації плану стійкості. Національний інститут стратегічних досліджень, 2024. https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/vnesok-i-zavdannya-terytorialnykh-hromad-shchodo-realizatsiyi-planu.

3. Аналіз залежностей та взаємозалежностей критичної інфраструктури. Аргонська національна лабораторія, Центр дослідження ризиків та проблем інфраструктури, Відділ наук про глобальну безпеку. Червень, 2025. ANL/GSS-15/4.

4. Шевченко Н.І., Плахотнюк Р.В. Методичні підходи до оцінювання стійкості функціонування об’єктів критичної інфраструктури в умовах особливого періоду функціонування економіки України. Електронний науково-практичний журнал «Проблеми сучасних трансформації». Серія: право, публічне управління та адміністрування. 14. 2024. DOI: https://doi.org/10.54929/2786-5746-2024-14-02-08

УДК 614.84

ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ПРАЦІВНИКАМИ ДСНС УКРАЇНИ

Щербак С.М., *к.т.н., доцент,*
Басюра К.Д.
Національний університет цивільного захисту України

Підвищення кваліфікації (розширення профілю) – набуття особами рядового і начальницького складу здатностей виконувати додаткові професійні завдання та обов'язки, розширювати і поглиблювати раніше здобуті професійні знання, вміння і навички в межах спеціальності за певним освітньо-професійним рівнем.

Підвищення кваліфікації осіб рядового та начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту проводиться як без відриву, так і з відривом від роботи. Підвищення кваліфікації без відриву від роботи проводиться на постійній основі в системі службової та самостійної підготовки за місцем служби.

Службова підготовка – це комплекс навчально-виховних заходів з удосконалення знань, умінь, навичок та професійних якостей осіб рядового і начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту з метою забезпечення успішного виконання ними професійно-службових завдань і посадових інструкцій за певними посадами.

Самостійна підготовка включає:

– вивчення документів законодавчого і нормативного характеру;

– постійне ознайомлення з новою юридичною, економічною, спеціальною та іншою літературою відповідно до напрямку діяльності.

Самостійна підготовка –це безперервний процес самостійної роботи осіб рядового і начальницького складу з набуття, поглиблення та поповнення знань, навичок і умінь, необхідних для успішного виконання ними функціональних обов'язків, визначених посадовими інструкціями за певними посадами.

Вибір питань для самостійного навчання може бути обумовлений заінтересованістю та прагненням особи до поглиблення своїх знань і навичок напрямку діяльності, а також виходячи з необхідності ліквідувати недосконаліть знань, що може призвести до помилок у роботі.

Керівник органу (підрозділу) цивільного захисту під час самостійної підготовки може запропонувати виконати індивідуальне завдання за власним вибором (наприклад, підготовка реферату, складання проекту документа, вивчення науково-технічних засобів тощо) у визначений термін.

Підвищення кваліфікації з відривом від роботи проводиться у вищих навчальних закладах, навчальних та навчально-методичних центрах ДСНС не рідше одного разу на п'ять років, а окремих спеціальних посадових категорій осіб, які виконують роботи, пов'язані з підвищеною небезпекою або відповідальністю(табл. 1).

Особи рядового та начальницького складу направляються на підвищення кваліфікації не раніше ніж через три роки після закінчення навчального закладу, навчального або навчально-методичного центру, проходження підвищення кваліфікації.

Обов'язковому направленню для підвищення кваліфікації до навчальних закладів, навчальних та навчально-методичних центрів підлягають особи, у яких закінчується термін дії документів (дозволів) на виконання певного виду робіт, а також особи, переведені до ДСНС для подальшого проходження служби цивільного захисту зі Збройних Сил України, інших, утворених відповідно до законів України, військових формувань, правоохоронних органів, а також державних органів, що комплектуються військовослужбовцями та особами рядового і начальницького складу.

Термін проведення підвищення кваліфікації у навчальних закладах ДСНС становить до одного місяця.

Таблиця 1. Періодичність проходження підвищення кваліфікації окремими категоріями осіб (кваліфікованими робітниками)

Найменування категорії фахівців (кваліфікованих робітників)	Періодичність проходження підвищення кваліфікації
Водії спеціальних автомобілів (пожежних автодрабин, автоколінчатих підіймачів тощо)	3 роки
Фахівці, що працюють на повітряному (кисневому) компресорі, із виносним електрообладнанням та механізованим інструментом	3 роки
Водолази	3 роки
Піротехніки	3 роки
Командири відділення Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту	3 роки
Хіміки-дозиметристи	3 роки
Фахівці з радіаційного та хімічного захисту	3 роки
Пожежні (рятувальники), які виконують обов'язки підмінних радіотелефоністів	1 рік

Загальна потреба у підвищенні кваліфікації визначається, виходячи зі штатної чисельності по кожній категорії осіб рядового і начальницького складу, з урахуванням:

– некомплекту штатів;

– осіб, які навчаються в аспірантурі, ад'юнктурі, докторантурі, у відомчих навчальних закладах за заочною формою навчання;

– осіб, які у поточному році підлягають звільненню зі служби;

– жінок, які знаходяться у відпустці по вагітності, пологах і догляду за дитиною або які мають дітей віком до восьми років;

– осіб зі стажем роботи у посаді менше трьох років, або які проходили підвищення кваліфікації протягом останніх трьох років.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про вищу освіту».

2. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність».

3. Постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників» від 21 серпня 2019 року № 800.

4. Наказ НУЦЗ України від 01.05.2023 № 76 «Про затвердження Положення про підвищення кваліфікації науково-педагогічних та наукових працівників».

UDC 351

GLOBAL MONITORING AND MANAGEMENT PRACTICES IN CIVIL PROTECTION: INNOVATIONS AND EFFECTIVE STRATEGIES

Matsuka V.M., *PhD in Economics, Associate Professor,*
Horbashevska M.O., *PhD in Economics, Associate Professor*
Mariupol State University

The civil protection (CP) system is aimed at preventing emergencies, eliminating their consequences, and minimizing damage to the population, environment, and infrastructure. One of the elements of the effective functioning of the CP is monitoring and risk management, which allows responding to threats.

Monitoring in the field of civil protection is a set of measures aimed at observing, analyzing and predicting potential hazards. The main goal of monitoring is to identify threats at an early stage, which allows reducing the level of risk and developing effective response measures [2].

World experience in this area, in particular the practices of leading countries that have achieved success in predicting, preventing and eliminating the consequences of emergencies.

1. USA: National Early Warning System. The USA has one of the most advanced emergency monitoring and warning systems. The main elements of the system are:

- FEMA (Federal Emergency Management Agency) – coordinates emergency response activities.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) – responsible for forecasting weather conditions and monitoring natural hazards.
- Integrated Public Alert and Warning System (IPAWS) is a warning system that uses television, radio, mobile communications, and the Internet to promptly inform the population.
- Drones and satellite systems – used to track fires, hurricanes, and other threats.

2. Japan: Disaster Management System. Japan is a leader in the field of natural disaster prevention, especially earthquakes and tsunamis. Main approaches:

- Seismic monitoring network.
- Earthquake Emergency Warning (EEW).
- Training of the population.
- Engineering solutions – construction of earthquake-resistant structures and dams.

3. European Union: Coordination and digital technologies. The EU uses an integrated approach to emergency management through the European Civil Protection Mechanism [1, 3]. Key elements:

- Emergency Response Coordination Centre (ERCC) is a crisis management center that coordinates assistance between EU countries.
- Copernicus Emergency Management Service (EMS) – satellite disaster monitoring that provides data for forecasting and response.
- EU Civil Protection Mechanism – combines the resources of all EU countries for rapid response to emergencies [4, 5].

4. China: A technological approach to risk management. China is actively using artificial intelligence (AI), big data, and 5G to improve the efficiency of the Central Intelligence Agency:

- National natural disaster monitoring system.
- AI and Big Data – natural disaster forecasting, resource optimization.
- Mobile applications for citizens - prompt notification.

5. Israel: Military Experience in Civil Defense. Israel takes a unique approach, adapting military technology to civil defense:

- Home Front Command is a military structure responsible for protecting civilians in the event of conflicts and natural disasters.
- The Red Dome system is an integrated missile defense system.
- Mandatory training.

Civil Protection Management: Global Strategies.

1. International cooperation and standards: Sendai Framework (2015–2030) – the UN global strategy for disaster risk reduction; International Charter "Space and Major Disasters" – an initiative providing access to satellite data in case of emergencies.

2. Use of modern technologies: Artificial Intelligence; Internet of Things (IoT); Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR).

3. Public participation and digital literacy: Public notification systems (SMS, mobile applications, social networks); Educational programs – courses on first aid, survival, behavior in crisis situations.

Global experience in civil protection demonstrates that successful systems are based on technological monitoring, effective resource management, and public participation. Best practices include integrated control centers, artificial intelligence, automated warning systems, and international cooperation. The implementation of these approaches in different countries, including Ukraine, will help increase the level of safety and preparedness for emergencies.

REFERENCES

1. Theoretical and Methodological Foundations for the Use of Digital Technologies in Ukraine through the Implementation of EU Experience: collective monograph / edited by A.V. Cherep, I.M. Dashko, Yu.O. Ohrenych, O.H. Cherep. Zaporizhzhia: publisher of FOP Mokshanov V.V. (2024). 246. URL: https://dspace.znu.edu.ua/xmlui/handle/12345/24080 (date of application: 31.01.2025).

2. White Paper. Emergency Risk Management and Civil Protection in Ukraine. 2020. 36. URL: https://archive.r2p.org.ua/wp-content/uploads/2020/10/white_book_risks_3p-consortium.pdf (date of application: 31.01.2025).

3. Управління фінансово-економічною безпекою держави та шляхи запобігання зовнішнім і внутрішнім загрозам: монографія/ А.В Балабаниць, О.І. Гапонюк, М.О. Горбашевська, Л.А. Кислова, В.Я. Омельченко, Л.В. Семкова, В.М. Мацука, К.В. Осипенко, Ф.Л. Перепадя. М., 2020. 223 с. URL: https://repository.mu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1746/1/upravlinnia_finansovo-ekonomichnoiu.pdf (date of application: 31.01.2025).

4. Shvedun, V., Ignatiev, O., Postupna, O. (2022). Problems functioning mechanisms of public administration regarding operational monitoring of the status of potentially dangerousobjects. Current problems of public administration. 2(61). 57–70. URL: https://doi.org/10.26565/1684-8489-2022-2-04 (date of application: 31.01.2025).

СЕКЦІЯ 3
РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

УДК 351.861

ОСОБЛИВОСТІ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ-ВЕРХОЛАЗІВ ДО ПРОВЕДЕННЯ ВИСОТНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

Амлін Б.В.
Белюченко Д.Ю., *к.т.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Рятувальні роботи на висотних об'єктах житлового та промислового призначення виконуються у випадках руйнування об'єктів, викликаних військовими діями, землетрусами, вибухами, пожежами, саморуйнуванням та вимагають від рятувальників-верхолазів високого рівня фізичної підготовки. Поки що рятування людей з висотних об'єктів представляє велику проблему і вирішується особовим складом підрозділів оперативно-рятувальної служби ДСНС, які у свою чергу, мають труднощі з комплектуванням спеціального оснащення та страхувальних засобів та рятувальними пристроями як групового, так і індивідуального призначення, створення сучасних навчально-тренувальних комплексів з новітніми методиками навчання, які будуть враховувати як фізичну підготовку рятувальників так і застосування нових зразків верхолазного спорядження. Теперішній час вимагає від підрозділів оперативно-рятувальної служби найбільш ефективно проводити невідкладні роботи на висоті з деблокування та порятунку людей, розбору завалів основних будівельних конструкцій, всі ці оперативні дії вимагають високої інтенсивності, займають значний час та вимагає від рятувальників верхолазів достатнього рівня фізичної підготовки. Рятувальні робота на висоті завжди пов'язана з численними ризиками, основним із яких є ризик падіння з висоти, тому всі ризики мають бути враховані, оцінені, виключені чи максимально обмежені.

Визначено [1] що в провідних країнах світу на озброєнні рятувальних підрозділів з'явилося множинне різноманіття професійного верхолазного спорядження для групового та індивідуального порятунку людей, а також спеціальне оснащення та страхувальні засоби, які дозволяють провести порятунок людей в умовах надзвичайної ситуації. Головною вимогою проведення рятувальних робіт на висоті є достатня кваліфікація рятувальників-верхолазів до проведення рятувальних робот на висоті, високий рівень фізичної підготовки, а також дотримання встановлених вимог з охорони праці та надійність та функціональність необхідного індивідуального та колективного спеціального верхолазного спорядження. Результати статистики [2] показують, що найпоширеніша причина, нещасних випадків під час проведення оперативних дій у рятувальників є порушення встановлених правил техніки безпеки 62 %, другою причиною є слабка професійна підготовка рятувальників 22 %, третя за кількістю травмованих причина – вплив інших факторів 16 %. В той же час визначено, що існує проблема в галузі навчально-матеріальної бази підготовки рятувальників-верхолазів до проведення робіт з порятунку людей на висоті, як у самому навчанні так і в оснащенні різними спеціалізованими тренажерами з відпрацювання отриманих теоретичних знань та

практичних навичок, які дозволяють підвищити рівень фізичної та практичної підготовки до проведення рятувальних робіт на висоті. Через не доведення до якісних показників даної бази неможливо повністю бути впевненим у належному рівні практичної та фізичної підготовки рятувальників-верхолазів, оскільки більшість поставлених завдань під час відпрацювання необхідних практичних навичок та майстерності рятувальника-верхолаза мають випереджальний характер підготовки з використанням наявного верхолазного спорядження та впровадження нових технічних засобів та методик проведення рятувальних робіт на висоті.

В [3] наведено результати дослідження операцій рятувальником робіт на висоті, які вимагають від рятувальника-верхолаза високу практичну, теоретичну та фізичну підготовленість, оскільки одна помилка може призвести до нещасного випадку з рятувальником і з тим, кому він надає допомогу. Впровадження сучасних методик та прийомів з практичної підготовки до проведення висотно-рятувальних робіт, будуть закріплювати навички та вміння рятувальників-верхолазів та дозволять підвищити рівень їх підготовки, який вони отримають під час практичного відпрацювання вправ на спеціалізованих тренажерах з моделюванням надзвичайних ситуацій на висоті різної складності.



Рис. 1. Проведення висотно-рятувальних робіт в опорному на безпорному просторі.

Таким чином це допоможе підвищити рівень практичної підготовки рятувальників-верхолазів, ефективно виконувати ними рятувальні роботи з порятунку людей на висоті, такелажні роботи під час розбирання пошкоджених будівельних конструкцій частково зруйнованих будівель, бути фізично та психологічно підготовленими для ведення рятувальних та інших невідкладних робіт, як самостійно так і у складі висотно-рятувальної групи. Вплинути на безпеку робочого середовища рятувальників практично неможливо. Тому належна практична та фізичні підготовка рятувальників-верхолазів, сучасне професійне спеціальне верхолазне спорядження, є важливими факторами для успішного виконання рятувальних робіт та запобігання нещасним випадкам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Белюченко Д.Ю., Стрілець В.М., Максимов А.В. Порівняльна оцінка різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт. Problems of Emergency Situations. 2023. № 38. С. 80–95. DOI: 10.52363/2524-0226-2023-38-6

2. Fire fighter Injuriesonthe Fireground. URL: https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/patterns-of-firefighter-fireground-injuries

3. Максимов А.В., Ковальов П.А., Стрілець В.М. Порівняльний аналіз рятунку постраждалого в ношах рятувальних вогнезахисних. Проблеми пожежної безпеки. 2019. № 45. С. 108–116.

УДК 614.8::623.48

ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ УРАЖУЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДАМИ ІНФРАЧЕРВОНОГО СКАНУВАННЯ

***Бандурян Б.Б.*[1]**, *к.ф.-м.н., с.н.с.,*
***Іванова Ю.В.*[2]**, *д.мед.н., професор,*
***Колосков В.Ю.*[3]**, *к.т.н., доцент,*
***Колоскова Г.М.*[4]**, *к.т.н., доцент*
[1]*Інститут електрофізики і радіаційних технологій НАН України,*
[2]*Харківський національний медичний університет,*
[3]*Національний університет цивільного захисту України,*
[4]*Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ»*

Дослідження неоднорідностей в суцільних середовищах має важливе значення в науці, техніці, екології, медицині і визначається систематизованою певним чином інформацією [1–3].

В умовах теплового балансу Землі (температура Т~300 К) інформаційний потенціал при максимальній спектральній густині випромінювання $W_{max}(\lambda, 300\ К) \sim 10$ мкм у вікні прозорості атмосфери 2…20 мкм кількісно та кісно перевищує потенціал видимого діапазону 0,38…0,75 мкм при $W_{max}(\lambda, 6000\ К) \sim 0{,}5$ мкм.

Технічні системи бачення в невидимих ділянках спектра дозволяють включати інтелектуальні здібності зорової системи людини в аналіз результатів вимірювань. Інтегральний канал прийому інформації дає можливість судити про потужність випромінювання, геометричні розміри, взаємне розташування радіаційних об'єктів, динаміку розвитку подій. У зв'язку з цим виявлення та ідентифікація досліджуваних об'єктів проводилися з використанням інтегральних і диференціальних інфрачервоних (ІЧ) систем і технологій [4].

У представленій роботі були вивчені градієнти температури в м'яких тканинах, що містять сторонні предмети, під впливом надвисокочастотних (НВЧ) полів різної потужності і часу впливу. Ідентифікація об'єктів дослідження проводилась за допомогою спектрально-аналітичної установки, створеної на базі спектрометра ІКС-21 та тепловізора LAND-814 [5]. ІЧ-випромінювання перетворюється в електричні сигнали, які залежать як від довжин хвиль його спектральних складових, так і від їх просторово-частотного розподілу. Це забезпечує візуалізацію спектральних складових, підвищену чутливість і спектральну роздільну здатність при вимірюванні спектра ІЧ-випромінювання.

Структурна схема пристрою для візуалізації сторонніх предметів у м'яких тканинах за допомогою методів мікрохвильової гіпертермії представлена на рисунку 1. Результати обробки отриманих під час вимірювань з використанням методів кореляційної НВЧ гіпертермії та проекційної динамічної теплової томографії даних наведена на рисунку 2.

За результатами дослідження встановлено, що вплив НВЧ-полів на об'єкти з різними коефіцієнтами пропускання, поглинання, відбиття, а також різними теплоємністю і теплопровідністю призводить до аномалій температурних градієнтів.

Методи мікрохвильової гіпертермії, ІЧ-зондування, спектрального аналізу, динамічної теплової томографії дозволяють виявляти та ідентифікувати об'єкти не тільки на поверхні, а й на різній глибині.

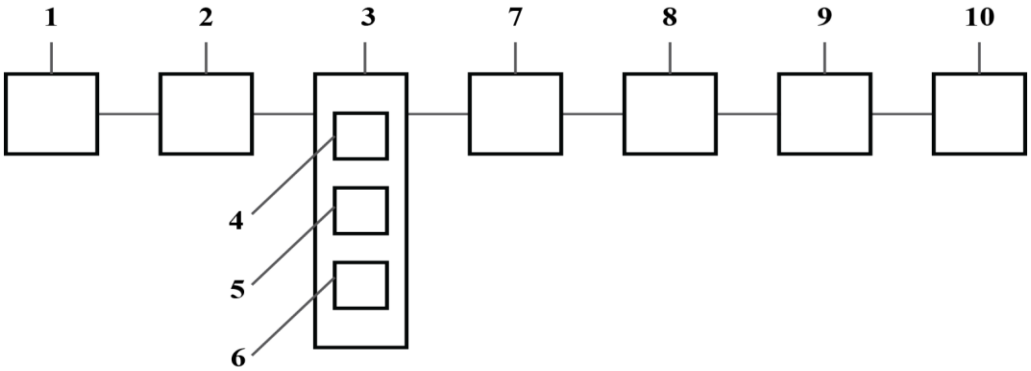
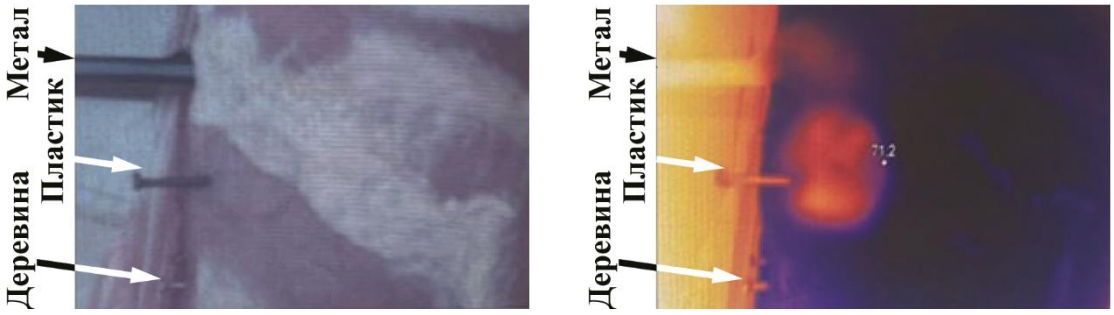


Рис. 1. Структурна схема пристрою для візуалізації сторонніх предметів у м'яких тканинах за допомогою методів мікрохвильової гіпертермії: 1 – НВЧ-генератор; 2 – гнучкий аплікатор; 3 – м'які тканини; 4 – сторонні металеві предмети; 5 – сторонні пластикові предмети; 6 – сторонні дерев'яні предмети; 7 – ІЧ-випромінювач; 8 – ІЧ-оптична система; 9 – матриця ІЧ-приймачів; 10 – програмне забезпечення.



а **б**

Рис. 2. Результати обробки отриманих під час вимірювань з використанням методів кореляційної НВЧ гіпертермії та проекційної динамічної теплової томографії даних: а – у видимому діапазоні; б – в ІЧ-діапазоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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

2. Бандурян Б.Б., Ковалевський В.В., Цвайгов Д.Л. Формалізація оцінки та управління станом безпеки. Техногенно-екологічна безпека. 2021. № 9 (1/2021). С. 26–30.

3. Didovets, Y., Koloskov, V., Bandurian, B., Koloskova, H. (2024). Method of investigation of soil contamination with heavy metals at the sites of explosions. Key Engineering Materials. 988. 107–116.

4. Banduryan, B., Sokolenko, V., Vinokurov, E., Sibilyova, R. Infrared-optical frequency method for determining iodomethane concentration in the air when simulating the flow composition in Npps ventilation system. URL: https://ssrn.com/abstract=4818909 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4818909

5. Спосіб реєстрації спектра інфрачервоного проміння : пат. 115934 Україна : МПК G01J5/20, G01J3/28, G01N21/35, G01C11/02. № a 2016 05738; заявл. 27.05.2016; опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1.

УДК 614.8

ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ВІД РЕЗЕРВУАРІВ З НАФТОПРОДУКТАМИ, ЩО ГОРЯТЬ

Басманов О.Є., *д.т.н., професор,*
Карпова Д.І.
Національний університет цивільного захисту України

З початком повномасштабного російської агресії склади нафти і нафтопродуктів стали однією з пріоритетних цілей при ударах по об'єктах критичної інфраструктури. В залежності від їх розташування для ударів застосовувалися артилерія, ракети, безпілотні літальні апарати. Наслідком таких атак майже завжди ставали пожежі або руйнування резервуарів. На відміну від пожеж, які трапляються в мирний час внаслідок відмови обладнання або помилки оператора, така пожежа може починатися з горіння відразу кількох резервуарів одночасно. Це означає збільшення щільності теплового потоку на сусідні технологічні об'єкти та особовий склад, задіяний у локалізації і ліквідації пожежі. При цьому існуючі рекомендації щодо гасіння пожеж в резервуарних парках [1] виходять з припущення про горіння в одному резервуарі, або в обвалуванні резервуара. В зв'язку з цим виникає необхідність визначення теплового потоку від осередку горіння складної форми, яким, наприклад, є одночасне горіння в кількох резервуарах.

При горінні нафтопродуктів в резервуарах конвекційні потоки продуктів горіння і розігрітого повітря здіймаються вгору. Тому нагрів сусідніх об'єктів відбувається виключно за рахунок теплового випромінювання від пожежі. Щільність теплового потоку на довільну елементарну площадку визначається законом Стефана–Больцмана

$$q = c_0 \varepsilon_f \varepsilon \left[\left(\frac{T_f}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] \psi , \qquad (1)$$

де c_0=5,67 Вт/(м^2·К^4); ε_f – ступінь чорноти випромінюючої поверхні факела; ε – ступінь чорноти елементарної площадки, що нагрівається під тепловим впливом пожежі; T_f – температура випромінюючої поверхні факела; Т – температура елементарної площадки; ψ – коефіцієнт взаємного опромінення між полум'ям і елементарною площадкою. Цей коефіцієнт залежить від форми полум'я і розташування елементарної площадки, що нагрівається:

$$\psi = \frac{1}{\pi} \iint_S \frac{\cos\varphi_1 \cos\varphi_2}{r^2} dS , \qquad (2)$$

де S – випромінююча поверхня полум'я; $\vec{r}$ – радіус вектор, що з'єднує точку на поверхні полум'я і елементарну площадку; φ_1 – кут між радіус-вектором і нормальним вектором до поверхні полум'я в даній точці; φ_2 – кут між радіус-вектором і нормальним вектором до елементарної площадки. При цьому інтегрування відбувається лише по тих точках поверхні S, де зазначені нормальні вектори утворюють гострі кути з радіус-вектором, тобто обидва множники в чисельнику (2) є додатними.

Для обчислення коефіцієнта взаємного опромінення (2) необхідні припущення про форму факела над резервуаром. Внаслідок турбулентності, притаманній процесу горіння

рідини, факел не має чіткої геометричної форми, для нього характерні постійні пульсації. Довжина факела L і кут його нахилу α можуть бути описані співвідношеннями [2]

$$L = 10{,}615D\left(\frac{\eta}{\rho_a\sqrt{gD}}\right)^{0{,}305}\left(w^*\right)^{-0{,}03}; \tag{3}$$

$$cos\alpha = \left(w^*\right)^{-0{,}5}, \tag{4}$$

де D – діаметр резервуара; η – питома масова швидкість вигорання; ρ_a – густина повітря; g – прискорення сили тяжіння; w^* – безрозмірна швидкість вітру:

$$w^* = max\left\{1, w\left(\frac{\rho_a}{g\eta D}\right)^{1/3}\right\}; \tag{5}$$

w – швидкість вітру. Аналіз виразів (4) і (5) свідчить, що нахил полум'я вітром має місце лише тоді, коли швидкість вітру перевищить деяке граничне значення. Причому це значення є тим більшим, чим більшим є діаметр резервуара і питома масова швидкість вигорання рідини.

Ще одним наслідком вітрового впливу є розширення основи полум'я за межі резервуара з підвітряного боку. Тоді основа факела може бути апроксимована еліпсом, менша вісь якого дорівнює діаметру резервуара D, а більша

$$D' = 1{,}5D\cdot Fr^{0{,}067}\,Re^{-0{,}03}\left(\frac{\rho_v}{\rho_a}\right)^{0{,}145}, \tag{6}$$

де Fr, Re – числа Фруда і Рейнольса відповідно, обчислені при швидкості вітру; ρ_v – густина парів горючої рідини при температури кипіння [2].

Отже, форма полум'я над резервуаром за нафтопродуктом може бути апроксимована фігурою, основою якої є еліпс, більша вісь якого (в напрямку вітру) описується залежністю (6), а менша дорівнює діаметру резервуара. Вертикальна координата для точки на бічній поверхні може бути описана виразами (3), (4), де в якості D взято подвійну відстань до краю основи. Для випадку пожежі у резервуарній групі також необхідно врахувати, що інші резервуари або інші факели можуть перетинати радіус-вектор, що з'єднує елементарну площадку з певною точкою на поверхні S.

ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ 05.035 – 2004. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами.

2. Pritchard, M.J., Binding, T.M. (1992). FIRE2: A new approach for predicting thermal radiation levels from hydrocarbon pool fires. IChemE Symposium Series. 130. 491–505.

УДК 614.8

МОДЕЛЮВАННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ВОДОЮ СТІНКИ РЕЗЕРВУАРА З НАФТОПРОДУКТОМ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

Басманов О.Є., *д.т.н., професор,*
Олійник В.В., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Гасіння пожеж на складах нафти і нафтопродуктів ускладнено небезпекою вибуху сусідніх з пожежею резервуарів, що спричинено тепловим впливом на них. Досягнення стінкою резервуара температури самоспалахування нафтопродукту, що міститься в ньому, перетворює стінку резервуара на джерело запалювання для парів нафтопродукту в газовому просторі резервуара. Основним способом захисту резервуарів від теплового впливу пожежі є їх охолодження водою. Для її подачі можуть бути використані кільця охолодження, змонтовані на резервуарах, стаціонарні пожежні гідромонітори або пересувна техніка. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами [1] визначає інтенсивність подачі води на охолодження стінки резервуара: (0,2÷0,4) л/(м·с) при пожежі в сусідньому резервуарі і 1,2 л/(м·с) при пожежі в обвалуванні. Але такий підхід не враховує впливу типу рідини, що горить, напрямку і швидкості вітру, розмірів і відстані до розливу в обвалуванні на щільність теплового потоку від пожежі. Тому виникає необхідність визначення такої інтенсивності подачі води, що забезпечує охолодження стінки до безпечних значень температури. Це, в свою чергу, потребує побудови моделі охолодження стінки резервуара водою в умовах пожежі.

Мала товщина стінок резервуара (10 мм) відносно його лінійних розмірів (понад 10 м в діаметрі і в висоту) дозволяє замість тривимірного рівняння теплопровідності загального вигляду розглядати двовимірне рівняння

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\right) + \frac{q}{c_s \rho_s \delta};\ 0 < z < H;\ 0 < \varphi < 2\pi, \qquad (1)$$

де $T(\varphi, z, t)$ – температура стінки резервуара у точці (φ, z), поданої в циліндричних координатах, в момент часу t; R, H – радіус і висота резервуара; c_s, ρ_s – питома теплоємність і густина сталі; δ – товщина стінки резервуара; q – щільність теплового потоку, що припадає на стінку. Тепловий потік на стінку резервуара обумовлений променевим і конвекційним теплообміном стінки з навколишнім середовищем, а також з водною плівкою, що стікає по стінці резервуара. При цьому щільність теплового потоку від водної плівки до стінки резервуара визначається законом Ньютона

$$q_c = \alpha_c\left(T_c - T\right), \qquad (2)$$

де α_c – коефіцієнт конвекційного теплообміну між стінкою і водною плівкою; $T_c(\varphi, z, t)$ – температура водної плівки на стінці резервуара у точці (φ, z), поданої в циліндричних координатах, в момент часу t.

В [2] отримано рівняння розподілу температури і товщини по водній плівці у вигляді:

$$\frac{\partial T_c}{\partial t} = \frac{q_w}{c_c \rho_c \delta_c} f\left(T_c, q_w\right) + w\frac{\partial T_c}{\partial z}; \qquad (3)$$

$$\frac{\partial V_s}{\partial t} = w\left[-\frac{q_w}{r_c \rho_c}\left(1 - f\left(T_c, q_w\right)\right) + \frac{\partial V_s}{\partial z}\right], \tag{4}$$

де

$$f\left(T_c, q_w\right) = \begin{cases} 0, T_c = 100^o C \wedge q_w \geq 0; \\ 1, T_c < 100^o C \vee q_w < 0; \end{cases}$$

q_w – загальна щільність теплового потоку, що припадає на водну плівку; c_c, r_c, ρ_c – питома теплоємність, питома теплота пароутворення і густина води відповідно; δ_c – товщина водної плівки; V_s – об'ємна інтенсивність зрошення стінки водою ($м^3/(м \cdot с)$); w – швидкість стікання водної плівки. Рівняння (4) враховує зменшення кількості води в плівці внаслідок її википання. Кипіння має місце у випадку, коли температура води досягла 100 ºС, а температура стінки перевищує 100 ºС. Слід відзначити, що система рівнянь (1), (3), (4) має місце, якщо температура стінки не перевищує 105 ºС. При більших значеннях температури кипіння інтенсифікується, що призводить до відштовхування частини води від стінки і утворенню ділянок, не захищених водою.

Крайові умови для водної плівки на верхньому краї стінки резервуара мають вигляд

$$T_c\left(H, t\right) = T_{c0}; \tag{5}$$

$$V_s\left(H, t\right) = V_{s0}, \tag{6}$$

де T_{c0} – температура води, що подається на охолодження резервуара; V_{s0} – початкова об'ємна інтенсивність зрошення.

Отже, розподіл температур по стінці резервуара і водній плівці описується диференціальними рівняннями в частинних похідних (1), (3), (4) з крайовими умовами для водної плівки (5), (6) і початковими умовами:

$$V_s\left(z, 0\right) = 0; \; T\left(z, 0\right) = T_0. \tag{7}$$

де T_0 – температура навколишнього середовища.

Сумісне розв'язання рівнянь (1), (3), (4) дозволяє визначити розподіл температур по стінці резервуара і водній плівці, а також об'ємну інтенсивність зрошення в кожній точці стінки в довільний момент часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. НАПБ 05.035 – 2004. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами.

2. Basmanov, O., Oliinyk, V., Afanasenko, K., Hryhorenko, O., Kalchenko, Y. (2024). Developing the model of water cooling an oil tank in the case of fire. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5/10 (131). 53–61. DOI: 10.15587/1729-4061.2024.313827

УДК 351.861

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ З УСТАНОВКОЮ НА ПОЖЕЖНИЙ ГІДРАНТ В УМОВАХ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

Бородич П.Ю., *к.т.н., доцент,*
Пишний О.В.
Національний університет цивільного захисту України

Для підвищення ефективності забору води пожежно-рятувальним автомобілем в умовах низьких температур пропонується розробити пристрій для відігріву пожежних гідрантів, пожежно-технічного оснащення та пожежної арматури [1]. Для оцінки ефективності використання цього пристрою в доповіді запропоноване імітаційне моделювання з розробкою та дослідженням імітаційної моделі оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур з визначенням критичного шляху.

В [2] була запропонована та всебічно розглянута імітаційна модель оперативного розгортання особового складу автомобілю пожежного першої допомоги з установкою триноги на колодязь та спуском в нього. Але в ній не розглянуто особливості ведення дій в умовах низьких температур та обледеніння колодязя.

Виходячи з цього, в доповіді було запропоновано побудувати імітаційну модель оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур. Для цього було вирішено використовувати мережеві моделі. Імітаційна модель представлена у вигляді (рис. 1). Початком є команда старшого начальника «Пожежну автоцистерну на пожежний гідрант встановити!», закінчується модель подією «Водій подає воду з пожежного гідранта».

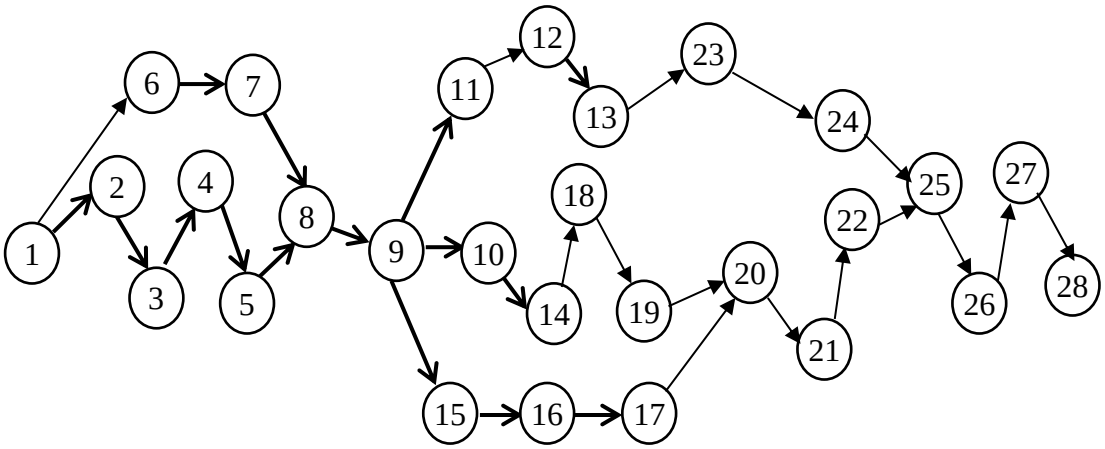


Рис. 1. Імітаційна модель оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур.

Умовно дану модель можна розбити на три паралельних шляхи:

– дії водія пожежно-рятувального автомобіля оперативного розрахунку (він встановлює пожежно-рятувальний автомобіль на гідрант);

– дії пожежного-рятувальника № 1 (він виконує основні роботи по розігріву пожежного гідранта та встановлює пожежно-рятувальний автомобіль на гідрант);

– дії пожежного-рятувальника № 2 (він допомагає пожежному-рятувальнику № 1 прокласти пристрій для розігріву гідранту).

Дослідження оперативного розгортання проводилися під час занять з пожежно-рятувальної підготовки, під час якого були встановлені мінімальні та максимальні значення часу виконання окремих дій [2].

Математичне очікування було розраховано [2]

$$\bar{t_i} = \frac{(t_{\max i} + t_{\min i})}{2}. \quad (1)$$

Враховуючи те, що для одновершиних розподілів середньоквадратичне відхилення приблизно дорівнює 1/6 інтервалу, на якому розглядається розподіл [2], дана оцінка розраховується як

$$\sigma_i \approx \frac{t_{i\max} - t_{i\min}}{6} \ . \quad (2)$$

Використавши отримані результати, були розраховані [2] основні параметри мережної моделі. Критичним в імітаційній моделі оперативного розгортання оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур буде другий шлях – дії пожежного-рятувальника № 1 (він виконує основні роботи по розігріву пожежного гідранта та встановлює пожежно-рятувальний автомобіль на гідрант). Тому для підвищення ефективності розглянутого оперативного розгортання необхідно щоб в кожному караулі пожежно-рятувальної частини 4 номеру табелю оперативного-розрахунку необхідно мати навички роботи з пристроєм для розігріву пожежного гідранта, який можливо використовувати для розігріву і іншого пожежно-рятувального оснащення на випадок його замерзання під час роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України № 142797, МПК (2006.01) A62C 33/02. Пристрій для відігріву пожежно-технічного оснащення та пожежної арматури взимку / Винахідник(и): Безуглов О.Є. (UA), Калиновський А.Я. (UA), Ковальов П.А. (UA), Безугла Ю.С. (UA), Тесленко О.О. (UA), Пономаренко Р.В. (UA), Чернуха А.А. (UA), Черкашин О.В. (UA); заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. Заявка № u 2020 00479, 27.01.2020, опуб. 25.06.2020, Бюл. № 12.

2. Бородич П.Ю. Ковальов П.А., Поляков І.О. Імітаційне моделювання оперативного розгортання особового складу автомобілю пожежного першої допомоги установкою триноги на колодязь та спуском в нього. Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України, 2014. Вип. 20. С. 28–32. URL: http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol20/borodich.pdf

УДК 351.861

БАГАТОФАКТОРНА ІМІТАЦІЙНА ОЦІНКА ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ З УСТАНОВКОЮ НА ПОЖЕЖНИЙ ГІДРАНТ В УМОВАХ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

Бородич П.Ю., *к.т.н., доцент,*
Тряпкін К.Д.
Національний університет цивільного захисту України

Для розробки і запропонування рекомендацій, що підвищать ефективності виконання особовим складом пожежно-рятувального підрозділу дій за призначенням необхідна об'єктивна оцінка оперативної роботи, що виконують рятувальники. Оперативне розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур включає значну кількість взаємозв'язаних операцій, тому його дослідження доцільно проводити шляхом імітаційного моделювання [1]. Але проблема полягає в тому, що необхідно розглядати, що та як буде впливати на успішне виконання оперативного розгортання в умовах низьких температур. Одним зі шляхів отримання таких оцінок є обґрунтування та аналіз регресійних моделей, які встановлюють кількісний зв'язок між часом виконання операції та обраними факторами. В [1] була запропонована та всебічно розглянута імітаційна модель оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур, але в ній не розглядався вплив факторів а взаємозв'язок між ними.

Провівши аналіз оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур, в якості основних факторів були обрані:

x_1 – характеристики пожежно-рятувального автомобіля;

x_2 – навички особового складу працювати з пристроєм для розігріву пожежного гідранта;

x_3 – товщина льоду на пожежному гідранті.

Експеримент був спланований таким чином, щоб оцінити вагу кожного з трьох факторів, а також характер взаємодії між ними. Для цього був обраний план 3x3x3, що дозволяє досліджувати три фактори на трьох рівнях, при інших рівних умовах. Такий план має гарні статистичні характеристики і кращі за точністю оцінки всіх коефіцієнтів регресії {ks} [2]. Використовуючи імітаційну модель було проведено 27 експериментів по 100 ітерацій кожен і отримано безліч коефіцієнтів регресії {ks}. Отримані результати імітаційного експерименту дозволили побудувати трьохфакторну квадратичну модель, яка встановлює кількісний зв'язок між часом (в кодованих змінних [2]) і розглянутими факторами.

Модель, що характеризує час оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур:

$$\begin{aligned} y = 0{,}6275 - 0{,}0361x_1 + 0{,}0002x_1^2 - 0{,}0082x_1x_2 - 0{,}0028x_1x_3 - \\ - 0{,}3855x_2 - 0{,}1075x_2^2 + 0{,}0266x_2x_3 - \\ - 0{,}1161x_3 - 0{,}0014x_3^2, \end{aligned} \quad (1)$$

Інтерпретація моделей проводилася при наростаючому ступеню ризику відкинути правильну гіпотезу [2]. Значимість коефіцієнтів регресії перевірялася багаторазово від рівня значущості α=0,001 до α=0,5.

При кожному рівні ризику α були побудовані графи зв'язку між факторами. На рис. 1 показані такі графи при зростаючому ризику для моделі (1). Зачернене коло позначає значимі лінійні ефекти, петля – значимий квадратичний ефект, ребра графа – значимими є ефекти взаємодії.

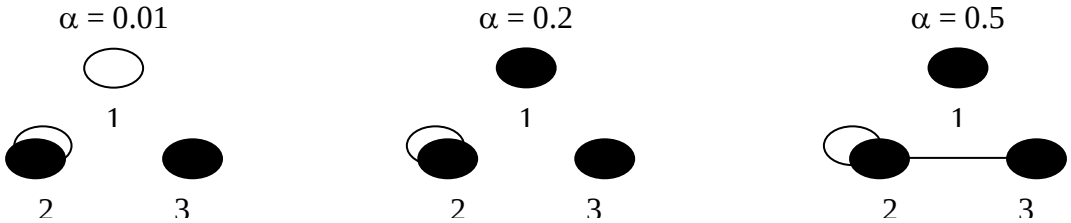


Рис. 1. Зміна зв'язку між факторами при різному рівні значущості для моделі, що характеризує час оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант.

Найбільш достовірними є висновки по першим графом (α=0,001):

- на час оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур впливають навички особового складу працювати з пристроєм для розігріву пожежного гідранта x_2 та товщина льоду на пожежному гідранті x_3, причому фактор навички особового складу працювати з пристроєм для розігріву пожежного гідранта x_2 впливає нелінійно.

У процесі інтерпретації поліноміальної моделі було виконано ранжування факторів за ступенем їх впливу на вихідні дані. Для подальшого аналізу було прийнято [2] двосторонній ризик α=0,2. Після видалення незначущих ефектів отримані кінцеві моделі:

$$y = 0{,}6275 - 0{,}0361x_1 - 0{,}3855x_2 - 0{,}1075x_2^2 - 0{,}1161x_3 \qquad (2)$$

Аналіз отриманих результатів показав, що на час оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант впливають навички особового складу особового складу працювати з пристроєм для розігріву пожежного гідранта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт про НДР «Підвищення ефективності забору води пожежно-рятувальним автомобілем в умовах низьких температур» (№ держреєстрації 0119U001008). Науковий керівник Бородич П.Ю. Черкаси, НУЦЗУ, 2024. 42 с.

2. Бородич П.Ю. Ковальов П.А, Пономаренко Р.В., Тишаков В.П. Багатофакторна імітаційна оцінка процесу рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних. Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. Вип. 26. Харків: НУЦЗУ, 2017. С. 24–28. URL: https://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol26/borodich.pdf

УДК614.8

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКОВАНИХ ДОБАВОК НА ВОГНЕГАСНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ

Грищенко Д.В.,
Шахов С.М., *PhD, доцент*
Національний університет цивільного захисту України

На підставі результатів попередніх досліджень [1] обрано наступні модифікувальні добавки: дігідроортофосфат амонію, гідрофосфат амонію, карбонат амонію. Для генерування піни використано піноутворювач загального призначення «Барс S» із концентрацію 6 % у водному розчині згідно рекомендацій виробника.

Межі концентрації модифікувальних добавок у складі компресійної піни варіювались в межах від 1 % до 5 % із урахування аналізу досвіду попередників, викладених у [1]. Кратність компресійної піни варіювалась відповідно до стандарту Guidefor the Use of Class A [2] в межах від 5 до 25.

Вогнегасну ефективність компресійної піни із модитфікувальними добавками оцінено шляхом розрахунку показника ефективності гасіння $I_{e.e}$ [3] за формулою (1):

$$I_{e.e} = \frac{s_п}{m_р \tau}, \quad (1)$$

де $S_п$ – площа вогнища, м^2; $m_р$ – маса водного розчину піноутворювача, з якого отримана піна, кг; τ – час гасіння вогнища, с.

Під час дослідження використано розроблений дослідний зразок системи генерування та подавання компресійної піни [4], що подано на рис. 1. Під час дослідження використано лабораторні вогнища пожежі класу А, які широко застосовуються під час визначеннях показника вогнегасної здатності різних вогнегасних засобів [5–7].



а

Рис. 1. Лабораторний зразок системи генерування та подавання компресійної піни наведено.

Експеримент було сплановано за рекомендаціями викладеними у [8]. Дослідження проводили за планом другого порядку, для отримання рівнянь другого ступеню. Параметри, які вимірювались та параметри які змінювались під час дослідження подано нижче:

$y=m_р$ – маса водного розчину піноутворювача компресійної піни із модифікувальними добавками, витраченого на гасіння модельного вогнища; z=t – час гасіння модельного вогнища компресійної піни із модифікувальними добавками; x_1=C – концентрація модифікованої добавки у водному розчині піноутворювача компресійної піни; x_2=k – кратність компресійної піни.

У таблиці 1 подано кодове значення чинників із встановлення інтервалів варіювання.

Таблиця 1. Кодування чинників

Інтервал варіювання та рівень чинників	Концентрація МД (C, %)	Кратність КП (k)
Нульовий рівень x_i=0	3	15
Інтервал варіювання δ_i	2	10
Нижній рівень x_i=–1	1	5
Верхній рівень x_i=+1	5	25
Кодове позначення	x_1	x_2

На підставі плану експерименту було проведено вимірювання таких параметрів, як маса водного розчину піноутворювача із модифікувальними добавками, витраченого на гасіння і тривалість гасіння лабораторного вогнища пожежі компресійною піною. Зазначені параметри є необхідним для визначення показника ефективності гасіння компресійною піною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shakhov, S., Vinogradov, S., Grishenko, D. (2023). Analysis of the experience of using modifying additives and their physical and chemical properties for further use in compression foam. Collection of scientific papers «Fire safety». 42. 85–95. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/18042

2. NFPA 1145. (2011). Guide for the Use of Class A Foams in Manual Structural Fire Fighting. 1–34. URL: https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1145

3. Shakhov, S., Vinogradov, S., Kodryk, A., Titenko, O. (2019). Determination of fire extinguishing efficiency of compression foam during its extinguishing of solid combustibles. Problems of fire safety. 46. 199–205. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12273

4. Shakhov, S., Vinogradov, S., Grishenko, D., Kodryk, A., Titenko, O. (2024). Development of a prototype system for generating and supplying compression foam. Scientific and technical collection «Municipal Economy of Cities». 4(185). 172–177. URL: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-4-185-172-177

5. Guo, W., Zhu, G., Yao, B., Chen, F., Xu, X. (2021). Study on the fire extinguishing mechanism of small size wood crib based on small sand-throwing equipment. Case Studies in Thermal Engineering. 25. 100942. URL: https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100942

6. Diab, M.T., Haelssig, J.B., Pegg, M.J. (2020). The behaviour of wood crib fires under free burning and fire whirl conditions. Fire Safety Journal. 112. 102941. URL: https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102941

7. Park, J. (2021). Experimental study on fire sources for full-scale fire testing of simple sprinkler systems installed in multiplexes. Fire. 4(1). 8. DOI:10.3390/fire4010008

8. Vynarskyi, M.S., Lurie, M.V. (1975). Planning an experiment in a technological environment. Kyiv: Tekhnika. 168.

УДК 519.6, 614.844

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАПОВНЕННЯ ВОДОЮ СТВОЛА УСТАНОВКИПОЖЕЖОГАСІННЯ

Дубінін Д.П., *к.т.н, доцент,*
Гончарук М.В.
Національний університет цивільного захисту України

Використання мобільних установок пожежогасіння на початковому етапі проведення оперативних дій з урахуванням того, що вода є найбільш поширеною вогнегасною речовиною є актуальним [1–5]. Проведення математичного моделювання процесів що відбуваються під час заповнення ствола установки пожежогасіння [6, 7] потребує обчислення. Для дослідження процесу заповнення ствола водою застосовано VOF-модель, за якою проникнення одного середовища у інше відсутнє. Ця модель базується на методі відстежування поверхні, що застосовується до фіксованої ейлерової сітки. Згідно [8, 9], у VOF моделі єдиний набір рівнянь імпульсу використовується для рідин, а об'ємна частка кожної рідини в кожній обчислювальній комірці відстежується по всій області.

Рівняння нерозривності для об'ємної фракції кожної фази (газ/рідина) набуває вигляд [8, 9]:

$$\frac{1}{\rho_q}\left[\frac{\partial}{\partial t}\left(\alpha_q\rho_q\right)+\nabla\cdot\left(\alpha_q\rho_q\vec{v}_q\right)=S_{\alpha_q}+\sum_{p=1}^{n}\left(\dot{m}_{pq}-\dot{m}_{qp}\right)\right], \quad (1)$$

де $\dot{m}_{qp}$ – передача маси від фази *q* до фази *p*; $\dot{m}_{pq}$ – передача маси від фази *p* до фази *q*; α_q – об'ємна фракція *q*-ї фази; ρ_q – густина *q*-ї фази; *t* – час; S_{α_q} – джерельний член маси; $\vec{v}_q$ – швидкість *q*-ї фази.

Об'ємна частка первинної фази обчислювалась на основі наступного обмеження [8, 9]:

$$\sum_{q=1}^{n}\alpha_q=1. \quad (2)$$

Об'ємна частка фази визначалась за неявною схемою дискретизації часу за рівнянням [8, 9]:

$$\frac{\alpha_q^{n+1}\rho_q^{n+1}-\alpha_q^{n}\rho_q^{n}}{\Delta t}V+\sum_{f}\left(\rho_q^{n+1}U_f^{n+1}\alpha_{q,f}^{n+1}\right)=\left[S_{\alpha_q}+\sum_{p=1}^{n}\left(\dot{m}_{pq}-\dot{m}_{qp}\right)\right]V, \quad (3)$$

де *n* – індекс для попереднього кроку за часом; *n*+1 – індекс для наступного кроку за часом; $\alpha_{q,f}$ – поверхнева величина об'ємної фракції *q*-ї фази; *V* – об'єм розрахункової комірки; U_f – об'ємний потік через поверхню за нормаллю швидкості.

Осереднена густина рідини визначалась за рівнянням [8, 9]:

$$\rho=\sum\alpha_q\rho_q. \quad (4)$$

Рівняння кількості руху має вигляд [8, 9]:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\vec{v}\right)+\nabla\cdot\left(\rho\vec{v}\vec{v}\right)=-\nabla p+\nabla\cdot\left[\mu\left(\nabla\vec{v}+\nabla\vec{v}^{T}\right)\right]+\rho\vec{g}+\vec{F}\,, \tag{5}$$

де p – тиск; μ – молярна маса; g – прискорення вільного падіння; $\vec{F}$ – джерельний член імпульсу.

Рівняння енергії має вигляд [8, 9]:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho E\right)+\nabla\cdot\left(\vec{v}\left(\rho E+p\right)\right)=\nabla\cdot\left(k_{eff}\nabla T\right)+S_h\,. \tag{6}$$

де E – осереднене значення енергії; T – осереднена температура; S_h – джерельний член енергії; k_{eff} – коефіцієнт ефективною теплопровідності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дубінін Д.П. Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2021. № 33. С. 15–29. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-33-2

2. Дубінін Д.П., Лісняк А.А., Шевченко С.М., Криворучко Є.М., Гапоненко Ю.І. Експериментальне дослідження розвитку пожежі в будівлі. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2021. № 34. С. 110–121. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-34-8

3. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Лісняк А.А. Технічні засоби пожежогасіння дрібнорозпиленим водяним струменем. Проблеми пожежної безпеки, 2018. № 43. С. 45–53.

4. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Лісняк А.А., Криворучко Є.М. Експериментальне дослідження водяного аерозолю, що створюється установкою пожежогасіння періодично-імпульсної дії. Проблеми пожежної безпеки, 2020. № 47. С. 29–34.

5. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Лісняк А.А., Криворучко Є.М., Бєлоусов І.О. Експериментальне дослідження подавання водяного аерозолю через трубопровід. Проблеми пожежної безпеки, 2020. № 48. С. 45–52.

6. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Лісняк А.А., Криворучко Є.М. Тенденції розвитку імпульсних вогнегасних систем для гасіння пожеж дрібнорозпиленим водяним струменем. Проблеми пожежної безпеки, 2019. № 45. С. 41–47.

7. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Криворучко Є.М., Думчикова Д.М. Експериментальне дослідження методу гасіння пожежі водяним аерозолем у приміщеннях складної конфігурації. Проблеми пожежної безпеки, 2019. № 46. С. 47–53.

8. Дубінін Д.П., Коритченко К.В., Криворучко Є.М., Рагімов С.Ю., Тригуб В.В. Особливості процесу заповнення водою ствола установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023. № 38. С. 69–79. doi:10.52363/2524-0226-2023-38-5

9. Dubinin, D. et al. (2024). Numerical studies of the breakup of the water jet by a shock wave in the barrel of the fire extinguishing installation. Sigurnost. 66 (2). 139–150. DOI:10.31306/s.66.2.4

УДК 343.983

СУДОВАЕКСПЕРТИЗАУ РОЗСЛІДУВАННІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Квак Ю.В.
Сумський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

Судова експертиза в розслідуванні надзвичайних ситуацій є важливою складовою частиною процесу встановлення причин та обставин події, а також визначення осіб, відповідальних за її виникнення чи наслідки, оцінки масштабів збитків. Вона застосовується для аналізу і оцінки різних матеріальних, технічних, екологічних та інших аспектів ситуації, з метою забезпечення об'єктивності та правосуддя.

Відповідно до ЗУ «Про судову експертизу» судова експертиза – це дослідження на основі спеціальних знань у галузі науки, техніки, мистецтва, ремесла тощо об'єктів, явищ і процесів з метою надання висновку з питань, що є або будуть предметом судового розгляду [1].

Роль судової експертизи при розслідуванні надзвичайних ситуацій:

– встановлення причин: експерти за допомогою спеціальних знань та обладнання визначають точну причину надзвичайної ситуації, будь то технічна несправність, людський фактор чи природні явища;

– оцінка масштабів збитків: експерти проводять детальний аналіз збитків, завданих внаслідок надзвичайної ситуації, включаючи матеріальні збитки, екологічну шкоду та людські втрати;

– визначення відповідальності: на основі отриманих даних експерти можуть встановити, хто несе відповідальність за настання надзвичайної ситуації та які саме порушення були допущені;

– забезпечення доказової бази: висновок експерта є важливим доказом у судовому процесі, оскільки він базується на об'єктивних даних та наукових дослідженнях.

Основними етапами судової експертизи в розслідуванні надзвичайних ситуацій є:

1. Постановка завдання експертові:

Після того, як надзвичайна ситуація сталася, слідчий або суд може призначити судову експертизу для оцінки ситуації. Завдання експерта можуть включати визначення причин події, оцінку ступеня завданих збитків, а також встановлення конкретних фактів, які мають значення для справи.

2. Вибір експертів:

Залежно від типу надзвичайної ситуації, до проведення експертизи залучаються різні фахівці: інженери, екологи, пожежні експерти, лікарі, криміналісти, спеціалісти в області токсикології тощо. У випадку техногенних катастроф можуть бути залучені фахівці, які володіють знаннями з експлуатації відповідних технологій або обладнання.

3. Збір і аналіз матеріалів:

Експерти аналізують всі наявні матеріали, такі як свідчення очевидців, документи, фотознімки, відео-, аудіозаписи, дані про погодні умови тощо. Це також включає огляд місця події та збори доказів, які можуть підтвердити або спростувати попередні висновки.

4. Безпосереднє проведення експертизи:

Під час експертизи проводиться аналіз технічних, екологічних, соціальних та інших аспектів. У випадку техногенних аварій це може бути аналіз стану обладнання, дослідження причин відмови систем, розрахунок можливих наслідків порушення технологічних процесів. У випадку природних катастроф можуть бути оцінені причини події (наприклад, геологічні фактори, погодні умови).

5. Формулювання висновків:

На основі проведеного аналізу експерт видає висновок, в якому вказує на можливі причини надзвичайної ситуації, а також, за потреби, визначає, чи мали місце порушення, що могли б призвести до події (наприклад, недоліки в управлінні чи технічному обслуговуванні).

6. Роз'яснення висновків у суді:

Якщо справа доходить до суду, експерти можуть бути запрошені для надання свідчень у судовому засіданні, де вони пояснюють свої висновки та відповідають на запитання сторін.

Вид експертизи залежить від конкретної ситуації та може включати:

Пожежно-технічна експертиза: Дозволяє встановити причину пожежі, визначити місце її виникнення та розповсюдження вогню.

Технічна експертиза:Проводить дослідження причин техногенних аварій, механізмів відмов обладнання, порушень технологічних процесів.

Будівельна експертиза: Допомагає оцінити стан будівельних конструкцій, виявити недоліки проектування та будівництва, які могли призвести до аварії.

Екологічна експертиза: Оцінює наслідки для навколишнього середовища, масштаби забруднення довкілля внаслідок надзвичайної ситуації, можливий вплив на здоров'я людей та розробляє заходи щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Транспортна експертиза: Виконується при аваріях транспортних засобів і дозволяє встановити технічний стан транспортного засобу, умови руху та причини аварії.

Експертиза промислової безпеки: Дозволяє визначити причини аварій на виробництві, оцінити дотримання норм безпеки та виявити порушення технологічних процесів.

Психологічна експертиза: У випадку, якщо надзвичайна ситуація пов'язана з людськими помилками або стресовими ситуаціями, експерт може оцінити психологічний стан осіб, залучених до події.

Судово-медична експертиза: Вивчає причини і наслідки травм або загибелі осіб внаслідок надзвичайної ситуації.

Судові експертизи проводять спеціалісти з відповідною кваліфікацією у державних або приватних експертних установах. Експерт повинен мати глибокі знання у своїй галузі та досвід роботи в сфері судової експертизи.

Важливо розуміти, що судова експертиза є складним процесом, який вимагає високої кваліфікації експертів та дотримання встановлених процедур.

Значення судової експертизи:

Встановлення причин надзвичайної ситуації та осіб, відповідальних за її виникнення, визначення обсягу збитків та шкоди, запобігання повторенню подібних інцидентів шляхом виявлення проблем у технічних чи управлінських системах, забезпечення правосуддя шляхом об'єктивного аналізу події.

Таким чином, судова експертиза є важливим інструментом для з'ясування обставин надзвичайних ситуацій, визначення причин та наслідків, а також встановлення відповідальності осіб, які можуть бути причетні до інциденту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про судову експертизу» № 4038-XII від 25 лютого 1994 р. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12#Text (дата звернення 15.01.2025).

УДК 614.8

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТОНКОРОЗПИЛЕНОЮ ВОДОЮ

Колесніков Д.В., *к.т.н., доцент,*
Кісь О.О.,
Савчук В.В.,
Жила Є.В.
Національний університет цивільного захисту України

Спроєктована мобільна установка для гасіння пожеж тонкорозпиленою водою. Установка [1] містить платформу, ємності з водою, насос водяний високого тиску, електрогенератор, проточний водонагрівач та двигун внутрішнього згорання, які встановлені на платформі, гнучкий шланг, який з'єднаний із проточним водонагрівачем, та розпилювач води з кавітатором, який закріплений на іншому кінці гнучкого шлангу, рис. 1. Платформа виконана у вигляді паралелепіпеда зі встановленою ресорною підвіскою коліс, та причепною системою, яка дозволяє транспортувати установку за автомобілем і являє собою автомобільний причіп із закріпленими по центру двигуном внутрішнього згорання, жорстко приєднаними до нього електрогенератором та насосом високого тиску, поруч встановлено проточний водонагрівач, до якого приєднується гнучкий шланг, змотаний на котушку, а по краях платформи симетрично до вісі причепу розміщені ємності з водою.

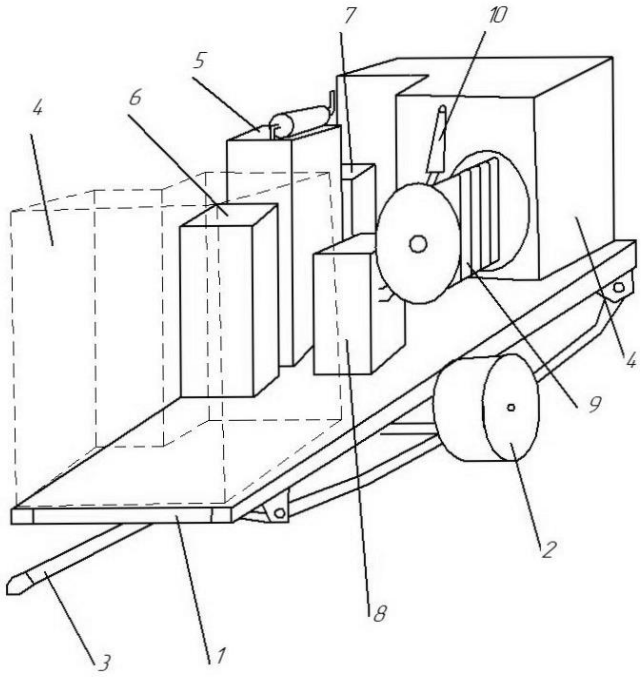


Рис. 1. Мобільна установка для гасіння пожеж тонкорозпиленою водою.

Модель належить до засобів пожежогасіння мобільного типу і може бути використана для гасіння нескладних пожеж та на початковій стадії пожеж як усередині приміщень, так і на відкритому повітрі, а також для дезактивації хімічного та біологічного забруднення.

В мобільних установках пожежогасіння, що застосовуються виникає проблема створення водяного туману з дисперсністю аерозолю.

Поставлена задача вирішується завдяки мобільній платформі, на якій закріплено ємності з водою, насос водяний високого тиску, електрогенератор, проточний водонагрівач, двигун внутрішнього згорання та гнучкий шланг, через який гаряча вода з проточного водонагрівача потрапляє в генератор ультразвукових коливань [2], який закріплений на іншому кінці гнучкого шлангу.

Мобільна установка для гасіння пожеж тонкорозпиленою водою працює наступним чином:

Вода з ємностей 4, які являють собою сполучені посудини, завдяки з'єднувальним всмоктуючим трубопроводам поступає в насос високого тиску 7, і під тиском направляється в проточний водонагрівач 8, який живиться електроенергією виробленою електрогенератором 6, що як, і насос 7, з'єднаний валом відбору потужності з двигуном внутрішнього згорання 5. Таким чином, нагріта вода під тиском по гнучкому шлангу 9 потрапляє до пожежного ствола – кавітатора [2]. Завдяки великій кількості енергії нагріта вода під тиском на виході з пожежного ствола-генератора ультразвукових коливань перетвориться на монодисперсний аерозоль з дисперсністю 20…40 мкм.

Запропонована мобільна установка для гасіння пожеж тонкорозпиленою водою (рис. 1) здатна забезпечити якісне та стабільне дрібнодисперсне розпилення води і водних розчинів в широкому діапазоні зміни продуктивності для пожежогасіння.

Мобільна установка для гасіння пожеж тонкорозпиленою водою, яка містить ємності з водою, насос водяний високого тиску, електрогенератор, проточний водонагрівач, двигун внутрішнього згорання, гнучкий шланг, пожежний ствол – генератор ультразвукових коливань, виконана у вигляді паралелепіпеда з ресорною підвіскою коліс, де вісь проходить по центру, а ємності для води розташовані симетрично з боків та має причіпну систему, яка дозволяє транспортувати установку за автомобілем і являє собою автомобільний причіп із закріпленими по центру двигуном внутрішнього згорання, жорстко приєднаними до нього електрогенератором та насосом високого тиску, поруч встановлено проточний водонагрівач, до якого приєднується гнучкий шланг змотаний на котушку з приєднаним пожежним стволом-генератором ультразвукових коливань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель UA 152183 U. МПК (2022.01) A62C 31/00, 03.11.2022. Мобільна установка для гасіння пожеж тонкорозпиленою водою. Винахідники/власники: Колесніков Д.В., Стась С.В., Колесніков Є.Д., Костюк Д.В., Яхно О.М., Ночніченко І.В. № u202202561; заяв. 18.07.2022; опуб. 02.11.2022, бюл. № 44. Ідентифікатор 0965021122.

2. Патент України 58516 U, МПК A62C 31/00. Пожежний ствол. Винахідники: Колесніков Д.В., Стась С.В., Кришталь В.М., Яхно О.М., Луговський О.Ф.; Заявник і патентовласник: Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України; заяв. 09.11.2010; опуб. 11.04.2011, бюл. № 7. 3 с.

УДК 614.8

СПОСІБ РОЗПИЛЕННЯ ПОТОКУ ВОГНЕГАСНОЇ РІДИНИ

Колесніков Д.В., *к.т.н., доцент,*
Савчук В.В.,
Кісь О.О.,
Жила Є.В.
Національний університет цивільного захисту України

Відомо, що для отримання крапель малого діаметра струмінь води повинен пройти через дуже маленькі отвори або розбитися на розсіюючих пристроях. Для отримання достатньої кінетичної енергії краплям необхідно надати значну швидкість, для цього необхідно використати рушій, наприклад стиснутий газ.

Ми розглядаємо задачу удосконалення способу утворення розпиленого потоку рідини, в якому шляхом зміни процесу одержання дрібнодисперсних часток рідини з великою кінетичною енергією спростити технологічний процес за рахунок використання процесу гідродинамічної та ультразвукової кавітації, що забезпечує простий та безпечний спосіб створення розпиленого потоку рідини з великою кінетичною енергією [1].

В способі створення розпиленого потоку рідини, який включає подачу потоку рідини під тиском через циліндричний канал на випромінювач ультразвукових коливань та, згідно корисної моделі, потік рідини подається на гідродинамічний кавітатор, закріплений по осі каналу, після чого потік рідини подається на випромінювач ультразвукових коливань, закріплений на виході з циліндричного каналу.

Проходження рідини під тиском через гідродинамічний кавітатор утворює в рідині кавітаційні бульбашки – каверни, заповнені газом, парою або їх сумішшю, які виникають в результаті зниження тиску в рідині за рахунок збільшення швидкості протікання через кільцеву щілину, утворену стінками каналу та гідродинамічним кавітатором закріпленим по осі каналу, після проходження гідродинамічного кавітатора утворюється кавітаційний потік рідини, це супроводжується захлопуванням кавітаційних бульбашок, що викликає ударні хвилі з утворенням дрібнодисперсних часток рідини.

Крім того, подальша взаємодія кавітаційного потоку рідини з випромінювачем ультразвукових коливань додатково запускає кавітаційні процеси, під впливом яких відбувається збільшення числа кавітаційних бульбашок з одночасним зменшенням їх радіуса та ростом кінетичної енергії розпиленого потоку рідини. Отримана кінетична енергія дозволяє направити створений розпилений потік рідини на відстань 10–12 м, що забезпечує ефективне та безпечне пожежогасіння.

Спосіб може бути реалізований наступним чином. Подачу потоку рідини здійснюють під тиском по циліндричному каналу (пожежному стволу), в середині якого встановлений гідродинамічний кавітатор (рис. 1). Потік рідини, який проходить під тиском через кільцевий отвір, утворений стінками циліндричного каналу та корпусом кавітатора, набуває додаткової швидкості, за рахунок чого в утворених струменях води відбувається створення та розвиток кавітаційних бульбашок наповнених газом, парою або їх сумішшю. Після проходження через кільцевий отвір за рахунок різкого перепаду тиску відбувається захлопування кавітаційних бульбашок з утворенням ударної хвилі та виділенням енергії, в результаті чого потік води перетворюється на газорідинну суміш з дрібнодисперсними частками рідини, які направляються на ультразвуковий кавітатор, розташований на виході циліндричного каналу, який додатково ініціює процес кавітації дрібнодисперсних часток рідини. Взаємодія гідродинамічної та ультразвукової кавітації підвищує ефективність кавітаційного процесу, внаслідок якого потік рідини

перетворюється в розпилений потік рідини з великою кінематичною енергією, що забезпечує перенесення розпиленої рідини на відстань 10–12 м.

Після обґрунтування способу створення розпиленого потоку рідини була запропонована нова конструкція і самого ствола для розпилення. Корисна модель пожежного ствола або насадки з кавітацією потоку на виході для ствола відноситься до пожежної техніки і може бути використана для гасіння пожеж як усередині приміщень, так і на відкритому повітрі, а також для дезактивації хімічного та біологічного забруднення за рахунок отримання розпиленого струменю води.

Запропонований пожежний ствол [1] дає можливість отримувати дуже високий ступінь розпилення води, менше 200 мкм, який характеризується високою здатністю пригнічення та гасіння пожеж категорії А, В, С, Е, захисту району і місця пожежі, димопоглинанням, швидкою подачею розпиленої рідини і значною дальністю дії створеного туману, приблизно 10–15 м. Крім того, використання запропонованого пожежного стволу дає можливість ефективно дезактивувати великі площі хімічно та біологічно забрудненої землі, розпилюючи рідини відповідного призначення.

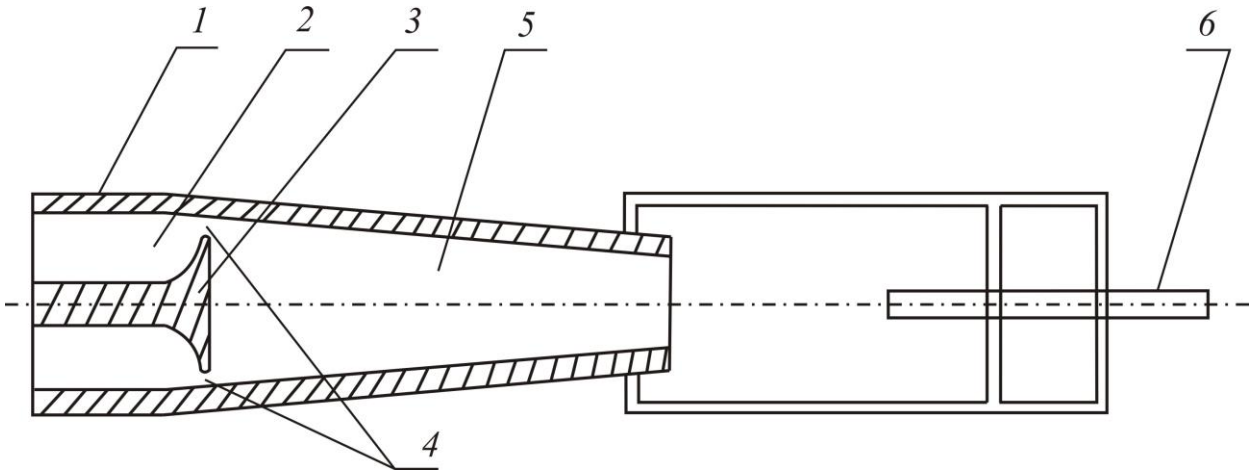


Рис. 1. Ствол з використанням кавітаційних ефектів для розпорошення струменя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України 58516 U, МПК A62C 31/00. Пожежний ствол. Винахідники: Колесніков Д.В., Стась С.В., Кришталь В.М., Яхно О.М., Луговський О.Ф.; Заявник і патентовласник: Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України; заяв. 09.11.2010; опуб. 11.04.2011, бюл. №7. 3 с.

УДК 629.014.8

ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПНЕВМАТИЧНИХ РЯТУВАЛЬНИХ ПОДУШОК В УКРАЇНІ

Компан В.В.,
Федоренко Д.С., *к.істор.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Пневматичні рятувальні подушки, куби життя, батути призначені для рятування людей з будівель в екстремальних ситуаціях.

Розвиток технологій у сфері рятувальних операцій є одним із ключових напрямків підвищення рівня безпеки населення. Пневматичні рятувальні подушки застосовуються в країнах Європи, США та Азії для порятунку людей із висотних будівель у випадку пожеж, вибухів та інших надзвичайних ситуацій, але відсутня достовірна інформація щодо статистики використання таких засобів рятування людей з висоти. В Україні використання таких систем перебуває на початковому етапі, що вимагає комплексного аналізу їх перспектив та можливостей впровадження.

Світовими виробниками таким як VETTER, J.T.SCURLOCT, GSC, MILAGRO 2, MORATEX та рядом інших кампаній пропонуються пневматичні рятувальні подушки (safety air cushion) (далі – подушки) з різними характеристиками, що дозволяють здійснювати рятування людей з висот до 61 м (200 ft).



Рис. 1. Пневматична подушка MORATEX та пневматична подушка MILAGRO.



Рис. 2. Пневматична рятувальна подушка VETTER SP 60вентиляторного типу.

Основу пневматичної рятувальної подушки, куба життя, батуту складає пневматичний каркас з прорезиненої зносостійкої тканини.

Такі подушки є одним із засобом рятування людей з висоти, який має обмеження щодо його використання.

Виробники подушок накладають обмеження щодо місць встановлення подушок та оточуючого простору (рівна поверхня під і навколо подушки, відсутність сторонніх конструкцій, рослин та інших предметів), технічного обслуговування під час експлуатації та після використання (випробовування та повірка уповноваженими особами). Необхідно врахувати, що обмеження накладені виробниками будуть значно зменшувати кількість ймовірних місць встановлення подушок навколо будівель та споруд.

Обмеженням щодо застосування подушок є складність здійснення стрибку особою, що рятується, внаслідок боязні висоти, візуального зменшення геометричних розмірів подушки з висоти, наявність доволі жорстких та складних вимог щодо здійснення стрибка (потрапляння в центр подушки, правильне положення тіла у момент попадання на подушку, здійснення стрибка лише по одній особі з певним інтервалом часу), відсутність будь-якого досвіду щодо таких стрибків тощо. Все це становить суттєвий ризик для життя та здоров'я осіб, що рятуються. Для прикладу зауважимо, що горизонтальні розміри подушки, розрахованої на стрибки з висоти 61 метр складають 7,6х10,1 метри, яка з такої висоти буде візуально здаватись значно меншою.

Вище викладені обмеження зумовлюють виключну винятковість використання таких подушок, лише у випадках, коли неможливо використовувати штатні засоби рятування з висоти (пожежні драбини, пожежні автодрабини, пожежні колінчасті автопідіймачі тощо). Відповідно така винятковість використання подушок зумовлює відсутність статистичної інформації щодо їх використання та випадків травматизму під час використання.

Також в Україні дотепер відсутні сертифіковані моделі таких подушок.

З огляду на інструкції по експлуатації даного виду обладнання необхідне проведення спеціального навчання особового складу, що експлуатує даний вид рятувального обладнання.

Вбачається, що правила експлуатації подушок зумовлюють необхідність донести інформацію про правила рятування до осіб, що рятуються.

В Україні відсутня нормативна база щодо використання подушок, і відповідно необхідна розробка регламентуючих документів щодо випадків та порядку використання та експлуатації подушок і, відповідно внесення змін до діючих нормативних документів.

Впровадження пневматичних рятувальних подушок в Україні має значний потенціал для підвищення рівня безпеки громадян. Світовий досвід демонструє ефективність цих систем у рятувальних операціях. Однак для їх успішного застосування необхідно подолати низку фінансових, нормативних і технічних бар'єрів. Залучення міжнародної підтримки, державного фінансування та проведення пілотних проєктів можуть стати ключовими кроками до реалізації цієї ініціативи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ від 26.04.2018 р. №340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж».

2. Fire and Rescue Services: International Best Practices. London, 2020.

3. Innovations in Emergency Response Equipment. Berlin, 2019.

УДК 519.6, 614.844

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА СТАНДАРТИ КОМПЛЕКТУВАННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Кришталь В.М., *к.т.н.,*
Будзінський О.П.,
Чуєв В.Д.
Національний університет цивільного захисту України

Міжнародний досвід в організації аварійно-рятувальних служб є важливим для покращення та вдосконалення національних підходів. Кожна країна має свої особливості, які впливають на вибір аварійно-рятувальної техніки та організацію аварійно-рятувальних робіт, враховуючи специфіку природних катастроф, наявні технології, рівень підготовки особового складу, а також соціально-економічні умови.

Вивчення міжнародного досвіду дозволяє інтегрувати передові технології та стратегії в національній системі цивільного захисту, зокрема для оптимізації використання техніки, навчання особового складу служби цивільного захисту та координації між країнами.

Досвід від країн, які часто стикаються з великими природними катастрофами (наприклад, Японія, США), дозволяє адаптувати організацію ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та ресурси до реалій іншої країни, зокрема, в Україні, де важливим аспектом є боротьба з повенями чи лісовими пожежами.

Міжнародні стандарти для аварійно-рятувальної техніки визначають вимоги до ефективності, безпеки та функціональності техніки при її застосуванні. Ці стандарти створюються міжнародними організаціями, такими як Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) та інші.

Стандарт **ISO 22320:2018** охоплює вимоги до управління у надзвичайних ситуаціях, включаючи використання аварійно-рятувальної техніки, організацію та координацію дій. Стандарти Європейського Союзу (наприклад, **EN 1846**) вказують на технічні вимоги до пожежних машин та аварійно-рятувальної техніки, що дозволяє її інтегрувати до різних країн-членів у спільні аварійно-рятувальні роботи.

Ці стандарти дозволяють швидко реагувати на надзвичайні ситуації, оскільки техніка, оснащення та методи роботи відповідають однаковим вимогам.

США володіють одними з найкращих систем цивільного захисту, що включають великі ресурси для боротьби з надзвичайними ситуаціями. Основною особливістю є застосування безпілотних літальних апаратів (дронів) та роботизованих систем для пошуку людей в завалах. США активно впроваджують інноваційні методи, які дозволяють зменшити людські втрати та оперативно реагувати на природні та техногенні надзвичайні ситуації.

Під час лісових пожеж, що часто виникають на заході США, дрони використовуються для швидкої оцінки ситуації, визначення напрямку поширення вогню та планування евакуаційних заходів. Крім того, рятувальні підрозділи мають доступ до авіаційних засобів, таких як гелікоптери, для оперативної евакуації постраждалих або доставки медикаментів.

Японія є однією з найбільш уражених країною від природних катастроф, зокрема землетрусів та цунамі, тому її підхід до комплектування техніки є одним з найрозвиненіших у світі.

У разі землетрусів японські рятувальні підрозділи використовують роботи, які здатні шукати людей у завалах. Одним з таких роботів є **Quince**, розроблений для роботи в сейсмічно активних зонах, де традиційні методи пошуку є занадто небезпечними. Японія

розробила мобільні медичні пункти, які швидко розгортаються в районі проведення аварійно-рятувальних робіт.

Японія активно застосовує інновації для зменшення наслідків катастроф, зокрема через технології, які забезпечують високий рівень безпеки рятувальників і постраждалих.

Європейські країни мають власні системи цивільного захисту, які добре взаємодіють між собою завдяки гармонізованим стандартам і спільним навчанням. Кожна країна ЄС має свої специфічні виклики (наприклад, у Франції це можуть бути повені, а в Німеччині – лісові пожежі), тому рятувальні підрозділи комплектуються технікою, яка враховує місцеві умови.

У Франції для боротьби з повенями використовуються спеціалізовані човни та мобільні насосні станції для відкачування води. У Німеччині, де часто трапляються лісові пожежі, активно використовуються машини для швидкої евакуації людей та техніки для гасіння пожеж, зокрема пожежні вертольоти для розвідки та гасіння в районах, важкодоступних для наземної техніки.

Спільні європейські стандарти дозволяють країнам швидко реагувати у випадку глобальних катастроф, що є важливим аспектом для ефективності міжнародних рятувальних операцій.

НАТО розробляє спільні стандарти для аварійно-рятувальних операцій. Це дозволяє країнам-членам альянсу швидко мобілізувати свої ресурси та техніку для надання допомоги під час глобальних катастроф або військових конфліктів.

EADRCC (European Air Disaster Rescue Coordination Centre) є частиною системи НАТО, що дозволяє координувати дії між країнами-членами для ефективного реагування на стихійні лиха або техногенні катастрофи. Крім того, в межах НАТО проводяться спільні тренування та навчання, що дозволяють країнам-членам працювати разом, як єдина команда.

Такі стандарти забезпечують ефективне реагування і дозволяють швидко відправляти допомогу до країн, що постраждали від надзвичайних ситуацій.

Міжнародна співпраця в галузі цивільного захисту має велике значення для швидкого реагування на глобальні катастрофи. Спільні стандарти, тренування та обмін досвідом дозволяють створити єдину систему реагування, де кожна країна може залучити допомогу та забезпечити ефективне використання ресурсів.

Міжнародний досвід у галузі комплектування аварійно-рятувальної техніки дозволяє виявити кращі практики, інноваційні технології та методи, які можуть бути корисними для удосконалення національних систем. Рекомендації для подальшого розвитку включають адаптацію міжнародних стандартів, впровадження новітніх технологій та розвиток міжнародної співпраці для створення ефективної системи реагування на глобальні катастрофи.

Для України важливо розвивати спеціалізовані рятувальні підрозділи, впроваджувати нові технології (дрони, роботи), а також поглиблювати співпрацю з країнами ЄС та НАТО для обміну досвідом і ресурсами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник О.В., Дячук В.І. Комплектування техніки для аварійно-рятувальних робіт: аналіз світового досвіду. Київ: НТУ, 2022. 120 с.

2. FEMA (2020). Emergency Response Guidebook for Chemical Accidents and Incidents. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.

3. Джонсон М., Сміт Д. Управління кризовими ситуаціями та рятувальна техніка: світові практики. Нью-Йорк: Springer, 2019. 250 с.

4. ISO 22320:2018**.** Societal security – Emergency management – Requirements for incident response. International Organization for Standardization, 2018.

5. U.S. Fire Administration (2021). National Response Framework: A Guide for Effective Emergency Management. FEMA, Washington, D.C.

6. Сидоренко І.Ю., Яковлев О.І. Особливості застосування безпілотних технологій в рятувальних операціях. Науковий вісник МНС. 2020. № 2. С. 56–60.

7. European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (2021). European Disaster Response: Coordinated Efforts in Crisis Management. European Union.

8. Гордієнко Т.І., Коваленко В.М. Пожежна техніка та оснащення для боротьби з природними катастрофами в Європі. Журнал цивільного захисту. 2019. № 3. С. 115–125.

9. NATO (2019). NATO Response to Disasters and Crises. NATO Review, 2020.

10. Smith, P., Clark, G., Roberts, K. (2021). The Role of Drones in Search and Rescue Operations. Journal of Emergency Services. 34(5). 467–475.

УДК351.86.

ОРГАНИ УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ МІСТА: ФУНКЦІЇ ТА ЗАДАЧІ

Курепін В.М.
Управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Миколаївської міської ради

Воєнні конфлікти останніх десятиліть показують систематичні порушення існуючих норм міжнародного гуманітарного права. Специфіка ведення цивільного захисту (ЦЗ) у населених пунктах під час військових конфліктів характеризується захистом інфраструктури, об'єктів життєзабезпечення необхідних для виживання населення. Тому захист мирного населення в межах завдань цивільного захисту під час воєнного стану стає все більш актуальним [1, с. 267].

Складовою забезпечення безпеки населення міста є підготовка місцевими органами виконавчої влади ще у мирний час заходів та засобів захисту від небезпек, що виникають на громадян під час воєнних дій. Одне із таких заходів - готовність до розгортання у встановлені терміни та ефективне виконання завдань із призначених Управлінню з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення міської ради.

У зв'язку з цим у низці підготовчих заходів особливе значення набуває переведення ЦЗ до роботи в умовах воєнного часу. Це означає забезпечення своєчасного приведення до готовності об'єктів, сил та засобів ЦЗ в умовах ведення воєнних дій. Цим буде досягнутий необхідний захист населення; об'єктів, що мають важливе оборонне та економічне значення; об'єктів, необхідних для життєзабезпечення населення в невизначених умовах війни.

Зауважимо, підготовка об'єктів ЦЗ; формування, що входять до складу сил ЦЗ; резерви матеріальних ресурсів, необхідних для ліквідації надзвичайних ситуацій (НС); підготовку органів управління ЦЗ мають бути сплановані та реалізовані заздалегідь, ще у мирний час. Особливе місце при реалізації заходів у сфері ЦЗ населення та територій від НС відводиться місцевим органам виконавчої влади, які на своєму рівні регулюють суспільні відносини у сфері захисту від НС та ЦЗ на відповідних територіях. Вони здійснюють постійне взаємодію з тимчасовими державними органами [2, с. 43]: військовими адміністраціями (ВА) та військово-цивільними адміністраціями (ВЦА), органами управління територіальної оборони (ТерО) під час вирішення завдань ЦЗ.

Важливу роль системі управління, її ефективності грають органи управління ЦЗ. Відповідно до законодавства України для керівництва ЦЗ визначено посадових осіб та органів управління: управління силами ЦЗ на місцевому рівні здійснюється начальником ЦЗ через підлеглий штаб, який призначається для безпосереднього керівництва діяльністю із захисту від НС та небезпек, що виникають (виникли) при веденні або внаслідок класифікованих подій.

Також у нормативно-правових актах визначено функції та завдання штабів ЦЗ, розглянемо їх. Головною метою роботи штабу ЦЗ у разі виникнення будь-якої загрози є оперативне реагування та своєчасні управлінські рішення для реалізації завдань ЦЗ.

До заходів ЦЗ належать: оперативне виявлення загроз прояву джерел НС; використання сукупності систем спостереження для аналізу, оцінки стану та зміни, виявлених та потенційних джерел НС; за допомогою розрахункових методик і програмних засобів оцінка обстановки, що складається, та прогнозування НС [3, с. 142]; своєчасне оповіщення посадових осіб органів управління міської влади, інших зацікавлених осіб, інформування населення про способи захисту та необхідні дії в обстановці, що складається; приведення в готовність захисних споруд ЦЗ, споруд подвійного призначення та укриття в них населення; евакуація населення із зон впливу небезпечних

факторів НС; забезпечення медичною допомогою постраждалого населення, організація та здійснення його лікування, реалізація комплексу санітарно-гігієнічних та протиепідемічних заходів; контроль стану довкілля при застосуванні сучасних засобів ураження; моніторинг радіаційної та хімічної обстановки, проведення дозиметричного та хімічного контролю; забезпечення населення засобами індивідуального захисту тощо.

Зазначені заходи реалізуються силами ЦЗ, до яких належать служби ЦЗ [4, с. 222], мережа спостережень та лабораторного контролю ЦЗ, цивільні формування ЦЗ. Крім того, до виконання заходів відповідно до компетенції, визначеної законодавством України, залучаються Збройні Сили нашої держави, інші війська та військові формування.

Отже, штаб ЦЗ повинен бути єдиним органом управління при виникненні (загрозі виникнення) НС, за допомогою якого під час воєнного стану буде здійснюватися взаємодія з тимчасовими державними органами: військовою адміністрацією та військово-цивільною адміністрацією, органами управління територіальної оборони під час вирішення оперативних та інших завдань ЦЗ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В.С., Курепін В.М. Реалізація заходів цивільного захисту у реформах місцевого самоврядування. Екологічні та соціальні аспекти розвитку економіки в умовах євроінтеграції : матеріали X всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 25-27 жовтня 2023 року). Миколаїв: МНАУ, 2023. С. 265–268. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/15758

2. Сиворотка Н.М. Взаємодія органів місцевого самоврядування та органів державної влади: напрями та форми. Розвиток територіальних громад: правові, економічні та соціальні аспекти : матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., (м. Миколаїв, 9 грудня 2024 р.). Миколаїв: МНАУ, 2024. С. 41–45. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20124

3. Іваненко В.С. Інновації у сфері безпеки: захист різних сфер діяльності місцевих громад. Розвиток територіальних громад: правові, економічні та соціальні аспекти : матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., (м. Миколаїв, 9 грудня 2024 р. Миколаїв: МНАУ, 2024. С. 141–144. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/20102

4. Соколюк-Орел Д.А. Особливості співпраці місцевих органів влади та пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану. Правові засади організації та здійснення публічної влади : матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої світлій пам’яті доктора юридичних наук, професора, академіка-засновника НАПрНУ, першого Голови Конституційного Суду України Леоніда Петровича Юзькова (м. Хмельницький, 17 травня 2024 року). Хмельницький: Хмельницький університет управління та права імені Леоніда Юзькова, 2024. С. 220–223. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18498

УДК 6114.841

НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКАХ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ВИКЛИКИ

Курило А.Г., *PhD*
Національний університет цивільного захисту України

З початку повномасштабної російської військової агресії проти України резервуарні парки стали однією з основних цілей атак. Вони зазнавали ударів артилерії, авіації, балістичних і крилатих ракет, а також безпілотних літальних апаратів. Зокрема, лише у першому кварталі 2022 року було зафіксовано 14 пожеж на території Волинської, Житомирської, Київської, Луганської, Львівської, Миколаївської, Рівненської, Харківської та Хмельницької областей [1]. Однак точна кількість пожеж у резервуарних парках України після початку російського вторгнення не розголошується з міркувань безпеки та конфіденційності.

Ураження резервуарного парку призводить до часткової або повної руйнації об'єктів залежно від типу боєприпасу, що використовується. У більшості випадків такі атаки спричиняють масштабні пожежі, які потребують негайного реагування. Відповідно до Кодексу цивільного захисту України [2], ліквідація надзвичайних ситуацій передбачає локалізацію осередку займання та мінімізацію його наслідків. Для резервуарних парків це насамперед означає охолодження резервуарів і проведення пінної атаки. Охолодження є ключовим заходом у боротьбі з пожежами на резервуарних парках. Головним його завданням є зниження температури резервуарів, що горять, а також запобігання загорянню сусідніх об'єктів. Особливої уваги потребує охолодження резервуара, в якому сталася розгерметизація та витік горючої рідини.

Для цього використовуються такі методи подачі води:

– стаціонарні зрошувальні системи – кільця зрошення, встановлені безпосередньо на резервуарах. Вони забезпечують рівномірне охолодження зовнішньої поверхні резервуара. Однак, у разі вибуху пароповітряної суміші ці системи можуть виходити з ладу;

– стаціонарні гідромонітори – розташовані за межами обвалування, що захищає їх від руйнування внаслідок вибуху чи вогневого впливу. Вони можуть подавати воду на висоту 12–18 м, проте потребують значних обсягів води та мають певні втрати через розбризкування;

– лафетні та ручні стволи, що підключаються до пересувної техніки. Вони дозволяють оперативно реагувати на пожежу, проте їх розгортання потребує додаткового часу.

Майже всі вертикальні сталеві резервуари обладнані кільцями зрошення, які розташовуються у верхній частині резервуара і складаються з перфорованих труб діаметром 80–150 мм. Вода подається через отвори діаметром близько 5 мм, розташовані на відстані 200–350 мм один від одного. Додатково кільця можуть бути розділені на секції, кожна з яких підключається до зовнішнього протипожежного водопроводу.

Відстань від резервуара до обвалування згідно з нормативами [3] має становити:

– не менше 6 м – для резервуарів об'ємом 10 000 м³ і більше;

– не менше 3 м – для резервуарів об'ємом менше 10 000 м³.

З урахуванням товщини обвалування, гідромонітори зазвичай розташовують на відстані 6–10 м від стінки резервуара.

Основні недоліки існуючих методів охолодження

– уразливість стаціонарних систем – у разі вибуху вони можуть виходити з ладу, що унеможливлює ефективне охолодження резервуара, в якому триває горіння.

– високі витрати води при використанні гідромоніторів – потужний струмінь забезпечує необхідну дальність подачі, проте значна частина води втрачається через розбризкування.

– затримка у реагуванні – на розгортання пересувної техніки та початок подачі води може знадобитися до 15 хвилин. За цей час можливе пошкодження технологічних трубопроводів або перегрів резервуарів до температури самозаймання парів нафтопродуктів.

Локалізація пожеж у резервуарних парках базується на оперативному охолодженні резервуарів із використанням зрошувальних кілець, гідромоніторів та пересувної техніки. Однак кожен із цих методів має свої обмеження, що потребує комплексного підходу до розробки ефективних заходів пожежогасіння.

Разом із цим, масштабні удари по критичній інфраструктурі спричиняють блекаути, перебої у водопостачанні та велику кількість одночасних викликів пожежно-рятувальних підрозділів. Це створює дефіцит сил і засобів для реагування на надзвичайні ситуації техногенного характеру, зокрема в резервуарних парках, де пожежі та вибухи можуть набувати катастрофічного масштабу. Недостатня кількість ресурсів або їх неефективне використання можуть спричинити «ефект доміно», тобто таких ситуацій, коли одна аварія, навіть відносно незначна, створює підґрунтя для іншої, що не лише завдає значних матеріальних збитків, а й становить серйозну загрозу життю рятувальників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Одинець А., Ніжник В., Сізіков О., Фещук Ю., Балло Я., Климась Р., Жихарєв О. Обґрунтування додаткових заходів щодо оперативних дій під час гасіння пожеж на складах нафтопродуктів в умовах бойових дій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2022. №1 (13). С. 72–79. URL: https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.1(13).72–79

2. Кодекс цивільного захисту України. 2012. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text

3. ВБН В.2.2-58.1-94 Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.

УДК 351.86

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Кустов М.В., *д.т.н., професор,*
Карпов А.А.,
Яужева О.О.,
Національний університет цивільного захисту України

Актуальність проблеми гуманітарного розмінування зумовлена значним забрудненням територій вибухонебезпечними предметами. Військові конфлікти спричиняють накопичення мін, снарядів та інших небезпечних об’єктів, що становлять серйозну загрозу для цивільного населення та ускладнюють господарську діяльність. Очищення територій потребує впровадження ефективних методів детектування вибухонебезпечних матеріалів, оскільки традиційні технології, такі як металодетектори та механічні системи, мають обмеження, зокрема низьку ефективність для об’єктів без металевих складових.

Протяжність лінії бойового зіткнення може сягати тисяч кілометрів, а тривалість військових дій призводить до забруднення вибухонебезпечними предметами територій площею десятки тисяч квадратних кілометрів. Яскравим прикладом цього є військові дії на території України [1]. За таких умов особливо актуальним є питання оперативного та безпечного очищення територій. Гуманітарним розмінуванням займаються як державні рятувальні підрозділи, так і цивільні волонтерські організації. Основною проблемою в цій сфері є виявлення вибухонебезпечних предметів, що обумовлено їх значною різноманітністю [2].

Процес гуманітарного розмінування включає кілька етапів:

1. Планування та оцінка ризиків – аналіз наявних даних щодо потенційно забруднених територій.
2. Нетехнічне та технічне обстеження – використання дронів, аналіз картографічної інформації та опитування місцевого населення.
3. Очищення територій – знешкодження або знищення вибухонебезпечних предметів із залученням механічних, дистанційних і ручних методів.
4. Контроль якості – перевірка очищених ділянок на відсутність небезпечних об’єктів.
5. Передача територій у безпечне користування – документальне оформлення та підтвердження безпеки.

Застосування дронів значно підвищує ефективність виявлення небезпечних зон, а механізовані системи розмінування мінімізують ризик для саперів. Однак остаточний контроль якості здійснюється фахівцями у захисному спорядженні із використанням спеціалізованого обладнання, зокрема металодетекторів.

Магнітний метод виявлення має низку обмежень, що частково компенсується електромагнітним скануванням. Водночас ефективність георадарів ускладнюється значними втратами енергії у ґрунті та низьким співвідношенням сигнал/шум. Попередні дослідження моделювали поширення електромагнітних хвиль у ґрунті, враховуючи їх відбиття, поглинання та діелектричні властивості вибухонебезпечних матеріалів, що сприяє підвищенню точності детектування [3]. Проте визначення технічних обмежень цього методу залишається актуальною проблемою.

Використання протипіхотних та протитанкових мін є одним із поширених методів ведення бойових дій. Останні розробки у сфері дистанційного мінування значно збільшили площі забруднених територій. Це ускладнює протимінну боротьбу, яка

постійно розвивається у відповідь на вдосконалення методів маскування вибухонебезпечних предметів.

Різноманітність конструкцій і матеріалів вибухових пристроїв створює додаткові труднощі в їхньому виявленні. Окрім стандартних мін, поширеними є різні види боєприпасів, такі як гранати, снаряди, а також саморобні вибухові пристрої [13].

Моделювання ймовірності детектування вибухонебезпечних предметів на різній глибині показало, що найбільший вплив має частота сигналу сканування. Дослідження встановили, що при зниженні частоти з 3 ГГц до 1 ГГц ймовірність виявлення об'єкта розміром 0,1 м зростає з 0,2 м до 0,5 м. Однак це супроводжується зменшенням роздільної здатності, що може ускладнювати ідентифікацію дрібних об'єктів.

Було також визначено, що при зниженні діелектричної проникності ґрунту до er=3 ймовірність виявлення вибухонебезпечних предметів значно знижується, тоді як при er=10 вона залишається задовільною навіть на глибині 0,3 м. У межах типових розмірів вибухонебезпечних предметів (0,1–0,5 м) ймовірність детектування зменшується на 10–25 %.

Аналіз часових сигнатур вибухонебезпечних предметів підтвердив, що створення бази таких сигнатур дозволяє зменшити кількість хибних спрацьовувань та підвищити ефективність детекторів.

Запропоновано алгоритм реалізації методу електромагнітного виявлення вибухонебезпечних матеріалів, який може бути використаний у системах гуманітарного розмінування для підвищення ефективності пошуку небезпечних об'єктів. Використання отриманих результатів дозволить підвищити швидкість обстеження території, збільшити ймовірність виявлення вибухонебезпечних предметів та знизити ризик травмування персоналу.

Отримані результати можуть бути застосовані для розробки нових систем дистанційного сканування, що використовуються в автоматизованих комплексах гуманітарного розмінування. Подальші дослідження у цій сфері будуть зосереджені на вдосконаленні алгоритмів обробки сигналів та розширенні діапазону частотного спектру для покращення роздільної здатності детектування вибухонебезпечних предметів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ustymenko, V., Rohozian, Y., Trehub, O., Liashenko, P., Zablodska, D. (2023). Economic and legal dimension of humanitarian demining of Ukraine: problem and research prospects. Amazonia Investiga. 12(65). 287–295.

2. Rohozian, Y., Sieriebriak, K., Akhromkin, Y., Plietnov, M., Vakhlakova, V. (2024). International Determinants of Demining Territories in the Context of Sustainable Development: Economic Projection. ProblemyEkorozwoju, 19(2). 203–214.

3. Karpov, A., Kustov, M., Basmanov, O., Kulakov, O. (2024). Investigation of Diffraction of Electromagnetic Microwaves on Explosive Materials. Advances in Science and Technology. 156. 91–102.

4. Kustov, M., Karpov, A., Harbuz, S., Savchenko, A. (2023). Effect of Physicaland Chemical Properties of Explosive Materialson the Conditions of their Use. Key Engineering Materials. 952. 143–154.

УДК 614.84

ЗАСТОСУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ТАКТИЧНИХ ДІЙ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СЛУЖБ ПРИ АВАРІЯХ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

Лозовюк І.В.,
Грицина І.М., *к.т.н., доцент,*
Національний університет цивільного захисту України

Зростання масштабів техногенних аварій та військових загроз на об'єктах зберігання нафтопродуктів обумовлює необхідність удосконалення тактики дій оперативно-рятувальних служб цивільного захисту. Ризик-орієнтований підхід до пожежної безпеки, який активно розвивається у міжнародній практиці, дозволяє ефективно оцінювати небезпеку та мінімізувати наслідки аварійних ситуацій. Враховуючи високий рівень пожежо- та вибухонебезпечності нафтобаз та резервуарних парків, застосування сучасних методів аналізу ризиків та моделювання надзвичайних ситуацій є критично важливим для підвищення рівня безпеки та зниження загроз для особового складу і населення

Актуальною проблемою є розробка науково обґрунтованих тактичних дій оперативно-рятувальних служб при ліквідації аварій на об'єктах зберігання нафтопродуктів з використанням ризик-орієнтованого підходу. Для вирішення цього завдання необхідно провести наступні дослідження:

– аналіз нормативно-правового забезпечення пожежної безпеки об'єктів зберігання нафтопродуктів;

– дослідження методів оцінки ризиків пожеж та вибухів;

– розробку алгоритмів оперативного реагування рятувальних служб із урахуванням сучасних тенденцій розвитку управління ризиками.

Питання безпеки на об'єктах з підвищеною пожежною небезпекою, таких як склади нафтопродуктів, завжди викликало значний інтерес як у науковій спільноті, так і серед практиків. Ризик-орієнтований підхід виник як відповідь на необхідність комплексного аналізу й управління небезпеками. Його основна ідея полягає в тому, щоб зосередити ресурси на найбільш критичних загрозах шляхом систематичної оцінки ймовірностей подій і потенційних наслідків. У пожежній безпеці цей підхід отримав широке поширення завдяки можливості прогнозувати розвиток пожежі, визначати слабкі місця в системах безпеки та пропонувати оптимальні стратегії реагування.

Після подій 2014 року, які визначили європейський вектор розвитку України, питання інтеграції до Європейського Союзу набуло особливої актуальності. Одним із ключових аспектів цього процесу стало впровадження європейських стандартів у різних сферах, зокрема у сфері техногенної та природної безпеки. Інтеграція до європейського простору безпеки передбачає запровадження сучасних методів управління ризиками, забезпечення захисту населення та територій від надзвичайних ситуацій, а також мінімізацію їх наслідків. Підвищення рівня захищеності населення та територій України від надзвичайних ситуацій, зниження ризиків їх виникнення і мінімізація наслідків техногенного та природного характеру є одним із ключових завдань єдиної державної системи цивільного захисту.

Аналіз діяльності цієї системи свідчить про те, що впровадження сучасних підходів до регулювання у сфері техногенної та природної безпеки на території України відбувається повільно. Для інтеграції України в ЄС та впровадження європейських стандартів безпечної життєдіяльності необхідно здійснити концептуальні й методологічні оновлення, а також провести інституціональні реформи.

Тому в 2014 році була схвалена Концепція управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, метою якої було запровадження сучасних методів управління ризиками для зменшення кількості та мінімізації соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, забезпечення досягнення гарантованого рівня безпеки громадянина і суспільства [1]. В Концепції були визначені принципи управління ризиками.

Основою державної системи управління у сфері техногенної та природної безпеки, а також управління ризиками, мають стати економічні механізми. Їх головною метою є створення економічного підґрунтя для функціонування цієї системи на всіх рівнях управління – від об'єктового до загальнодержавного. Комплекс економічних інструментів повинен забезпечити оптимальний баланс між витратами та рівнем техногенної й природної безпеки, враховуючи обмежені ресурси держави.

Пріоритетним напрямком розвитку є міжнародне співробітництво у сфері управління ризиками, яке спрямоване на підвищення ефективності запобігання масштабним надзвичайним ситуаціям і новим загрозам. Таке співробітництво створює основу для ефективного вирішення завдань із запобігання надзвичайним ситуаціям і мінімізації їх наслідків, сприяючи підвищенню безпеки на національному та міжнародному рівнях.

Але тільки в 2023 році були затверджені Порядок управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж та Методика оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж. Порядок визначає завдання та загальні вимоги до організації процесів з управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж [2].

У роботі розроблено адаптовану методику оцінки ризиків на об'єктах зберігання нафтопродуктів та вдосконалено тактичні алгоритми дій оперативно-рятувальних служб. Визначено найбільш небезпечні сценарії аварій, охарактеризовано особливості їх розвитку та запропоновано оптимальні заходи для зниження ризиків. Досліджено вплив воєнного стану на ефективність заходів пожежної безпеки та запропоновано рекомендації для оперативного планування рятувальних операцій.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення підготовки рятувальників, розробки оновлених нормативно-правових актів, інтеграції ризик-орієнтованого підходу в систему управління надзвичайними ситуаціями. Висновки та рекомендації можуть бути корисними для керівників підрозділів ДСНС України, а також для підприємств, що експлуатують об'єкти підвищеної пожежонебезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розпорядження Кабінет Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80#Text

2. Наказ МВС України від 31.07.2023 № 627 «Про затвердження Порядку управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1397-23

УДК 351.868

ПОЛІСТПАС ЯК ЗАСІБ РЯТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛИХ З ВІДЄМНОЇ ВИСОТИ

Мельник В.О.,
Ведула С.А.
Національний університет цивільного захисту України

Спосіб підйому потерпілого обирається, коли безпечна зона знаходиться вище зони евакуації. В такому випадку першочерговим завданням аварійно-рятувального підрозділу є організація пункту страховки в безпечній зоні, проведення спуску до потерпілого та організувати евакуацію. В залежності від факторів, які впливають на проведення аварійно-рятувальних робіт, розрізняють способи евакуації потерпілих: а) підйом по вертикальним канатами; б) підйом похилою переправою. Потрібно враховувати, що підйом – це надзвичайно складний спосіб евакуації потерпілих. Використовується у виключних випадках в силу того, що вимагає великих фізичних зусиль, займає достатньо багато часу, вимагає значну кількість спеціального рятувального оснащення. В залежності від травм потерпілого, рятувальник обирає варіант застосування того чи іншого спеціального рятувального оснащення: підйом в ношах, підйом за допомогою індивідуальної рятувальної системи типу «косинка», підйом в індивідуальній страхувальній системі, яка вже знаходиться на ньому.

У випадках, коли вихідне місцезнаходження рятувальників – в зоні евакуації поруч з потерпілим, то стає необхідним першому рятувальнику піднятись в безпечну зону для організації кріплень та закріплення за них канатів. Як правило, такий розвиток подій можливий, насамперед, при АРР на природних об'єктах (печери, альпіністські маршрути та ін.). В такому разі, перший рятувальник піднімається в безпечну зону з нижньою страховкою, організовуючи проміжні точки страховки. Піднявшись до безпечної зони, рятувальник організовує пункт страховки на опорах, закріплює робочий канат (а в разі організації похилої переправи – і страхувальний), та організовує верхню страховку іншим рятувальникам, яким необхідно дістатись безпечної зони перед підняттям потерпілого.

При виконанні аварійно-рятувальних робіт на від'ємних висотах, коли відсутнє спеціальне обладнання потрібно використовувати верхолазне спорядження та рятувальні мотузки для облаштування систем поліспастів. Головна особливість поліспастів полягає в тому, що їх використання дозволяє підіймати вантажі з меншим зусиллям ніж вага самого вантажу. Чим більший діаметр блок-ролика, тим більшим є коефіцієнт корисної дії самого поліспаста. Доцільно використовувати поліспаст в тих випадках, коли тягового зусилля наявних рятувальників не вистачає для витягування (підіймання) наявного вантажу. Принцип дії поліспастів заснований на принципі важеля: прикладаємо менше зусилля, але програємо у швидкості та відстані(ступінь збільшення тягового зусилля, яке прикладається, в поліспасті називається передавальним числом або кратністю поліспасту).

Поліспасти збирають з карабінів, блок-роликів і мотузки. Рухомі блоки забезпечують збільшення тягового зусилля, а нерухомі – зміни напрямку дії тягового зусилля. Блоком називається насаджений на вісь ролик, який по зовнішньому периметру має канавку для мотузки або троса. Канавка блока виконана таким чином, щоб забезпечити вхід і вихід мотузки, а також мати невелику площу контакту з ними. За конструктивними особливостями блоки бувають: одинарні, подвійні, блоки-затискачі, вантажні. При проведенні аварійно-рятувальних робіт використовуються одинарні або подвійні блок-ролики. Карабіни – це технічні пристрої для приєднання будь-яких елементів один до одного.

При виконанні аварійно-рятувальних робіт на від'ємних висотах використовують прості (міні-) та складні поліспасти. Міні-поліспасти із зусиллям 2:1, зазвичай,

використовуються для звільнення потерпілого від зависання. Для інших випадків краще використовувати схеми з виграшем в зусиллі 3:1 і вище.

Окрім простих поліспастів в рятувальних роботах також широко застосовуються так звані складні поліспасти. Складний поліспаст – це система, в якій один простий поліспаст, тягне за інший простий поліспаст. Таким чином можуть бути сполучені 2, 3 і більше поліспастів.

При облаштуванні поліспасту необхідно враховувати робочу довжину поліспасту. Це відстань від точки кріплення до першого вантажного зажиму. Чим далі від кріплення розмістити перший зажим, тим більшу відстань він пройде за один робочий хід поліспасту.

При використанні якісних блоків, втрати у вигравanні зусилля від тертя складають близько 10 %. Радіус блоків, які використовуються повинні бути в чотири рази більше діаметру канату.

За відсутності блоків, можна використовувати карабіни. Втрати при терті для карабінів складає близько 50 %. Для зменшення сили тертя в точках перегину канату необхідно в кожну точку розташовувати по 2 карабіни, щоб збільшити радіус огинання канатом.

При наявності одного блоку, його краще розташовувати на виході з поліспасту (найближче до рятувальників).

Тягнути поліспаст потрібно рівномірно, без ривків і пікових зусиль.

Можемо зробити висновок, що використовуючи систему поліспастів при виконанні аварійно-рятувальних робіт на від'ємних висотах – це надзвичайно важливе технічне рішення, застосування якого значно підвищує ефективність та швидкість виконання рятувальних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безуглов О.Є., Горпинич І.А., Олійник Д.В., Семків О.М., Сипавін В.В. Пожежно-рятувальна підготовка: навч. посіб. Х.: НУЦЗУ, 2011.

2. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. Наказ № 62 Держгірпромнагляду від 27.03.2007 р.

3. Висотно-верхолазна підготовка. Техніка рятувальних робіт на висоті: практ. посіб. / Укладачі: Р.Г. Мелещенко, С.М. Щербак. Х.: НУЦЗУ, 2016.

4. Ратушний Р.Т., Ковальчук А.М., Петренко А.М. Виконання рятувальних робіт з використанням верхолазного спорядження: навч. посіб. Львів, 2016.

УДК 691.923

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ОБПЛЕТЕННЯ ТА СЕРДЕЧНИКА СТАТИЧНИХ МОТУЗОК ЗГІДНО З ВИМОГАМИ СТАНДАРТУ EN 1891:1998

Мельниченко А.С., *PhD*
Національний університет цивільного захисту України

Статичні мотузки мають конструкцію Kernmantle, що означає, що вони складаються з двох основних частин: несучого сердечника, який витримує основне навантаження, та обплетення, що захищає сердечник від зовнішнього середовища, зокрема від механічних пошкоджень і абразивного зносу. Загалом, чим більший відсоток обплетення, тим зносостійкіша мотузка, оскільки саме обплетення захищає сердечник від пошкоджень. Водночас чим більший відсоток сердечника, тим вища міцність мотузки на розрив, оскільки саме сердечник витримує основне навантаження при використанні мотузки. Тому оптимальне співвідношення між відсотком обплетення і сердечника є важливим для забезпечення бажаних властивостей мотузки.

Згідно зі стандартом EN 1891, відсоток обплетення та відсоток сердечника повинні відповідати мінімальним вимогам, що визначаються індивідуально для кожного діаметра та типу мотузки. Це дозволяє гарантувати, що мотузки будуть відповідати вимогам безпеки та ефективності для різних типів застосувань [1].

Після вимірювання загальної маси випробувального зразка мотузки обплетення відокремлюють від сердечника і визначають їх масу з точністю до 0,1 г. Потім масу обплетення та масу сердечника розраховують у відсотках від загальної маси мотузки. Отримані значення виражають з точністю до цілого числа.

Мінімальний відсоток обплетення (S_{min}) розраховується за формулою:

$$S_{\min} = \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D-2}{2}\right)^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} 100\% \quad (1)$$

де Smin – мінімальний відсоток обплетення; D – діаметр мотузки.

Для мотузки типу А діаметром 11 мм мінімальний відсоток обплетення розраховується за формулою (1):

$$S_{\min} = \frac{\left(\frac{4 \times 11 - 4}{11}\right)}{100} = 33.06\%$$

Після округлення до цілого числа отримуємо мінімальний відсоток обплетення 33%.

Мінімальний відсоток сердечника для мотузок типу А розраховується за такими формулами:

$$C_{\min} = \frac{12}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} \times 100\% \quad (2)$$

або

$$C_{\min} = \frac{48}{D^2} \times 100\% \quad (3)$$

де C_{min} – мінімальний відсоток сердечника; D – діаметр мотузки.

Для мотузки типу А діаметром 11 мм мінімальний відсоток сердечника розраховується формулою (3):

$$C_{\min} = \frac{48}{D^2} \cdot 100 = \frac{48}{11^2} \cdot 100 = 39.67\%$$

При округленні до цілого числа мінімальний відсоток сердечник становить 40%.

Таким чином, правильний розрахунок мінімальних відсотків обплетення та сердечника є важливою частиною стандартів безпеки та експлуатаційних характеристик статичних мотузок. Ці розрахунки забезпечують оптимальний баланс між зносостійкістю та міцністю мотузок, що є необхідним для їх ефективного і безпечного використання в різних умовах навантажень.

Для канатів типу В він повинен становити:

$$C_{\min} = \frac{10}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} \cdot 100\% \quad (4)$$

або

$$C_{\min} = \frac{40}{D^2} \cdot 100\% \quad (5)$$

Ці формули враховують геометричні та фізичні характеристики мотузки, забезпечуючи відповідність її параметрів необхідним стандартам. Для прикладу, якщо діаметр статичної мотузки типу В становить 10 мм, мінімальний відсоток сердечника обчислюється так:

Використовуючи формулу (4):

$$\mathrm{C}_{\min} = \frac{10}{\left(\frac{10}{2}\right)^2} \cdot 100\% = \frac{10}{25} \cdot 100\% = 40\%$$

Використовуючи формулу (5):

$$\mathrm{C}_{\min} = \frac{40}{10^2} \cdot 100\% = \frac{40}{100} \cdot 100\% = 40\%$$

Як видно з розрахунків, обидві формули дають однаковий результат, що підтверджує їхню взаємозамінність та відповідність геометричним характеристикам мотузки.

Розрахунки мінімальних відсотків сердечника та обплетення є критично важливими, оскільки вони дозволяють виробникам створювати мотузки з оптимальними параметрами, які забезпечують не лише довговічність, а й безпечне використання навіть у найскладніших умовах. Це особливо актуально для канатів типу В, які використовуються у вузькоспеціалізованих задачах і вимагають більш обережного поводження.

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1891:1998. European standard for «Ropesformountaineer ingandrescue - Lowstretchkernmantleropes». European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

УДК 691.923

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ СИЛИ РИВКА ТА ОЦІНКА КІЛЬКОСТІ ВИТРИМАНИХ РИВКІВ СТАТИЧНОЇ МОТУЗКИ ЗГІДНО З ВИМОГАМИ СТАНДАРТУ EN 1891-1998

Мельниченко А.С., *PhD,*
Іваненко Я.С.
Національний університет цивільного захисту України

У контексті оцінки механічних властивостей канатів із сердечником низького розтягування, важливою характеристикою є здатність мотузок гасити динамічний ривок. Згідно з вимогами стандарту EN 1891-1998, існують два основних етапи випробувань, що оцінюють динамічну міцність канатів: вимірювання максимальної сили ривка та визначення кількості ривків, які витримує мотузка до розриву.

Першим етапом є вимірювання максимальної сили ривка. Згідно з вимогами стандарту, максимальна сила ривка з фактором 0,3 не повинна перевищувати 6 кН при падінні вантажу масою 100 кг для мотузок типу А і 80 кг для мотузок типу В. Це випробування проводиться на зразку мотузки, що був підготовлений відповідно до зазначених вимог, через 10 хвилин після вилучення його з камери кондиціювання. Спочатку вантаж масою 100 кг (для мотузок типу А) або 80 кг (для мотузок типу В) підвішується на 1 хвилину. Після цього вантаж піднімається на висоту 600 мм на відстані не більше 100 мм від анкерної точки. Вантаж потім скидається за допомогою пристрою швидкого розчеплення, що дозволяє зафіксувати максимальну силу ривка (гальмування) з точністю до 0,1 кН. Це дозволяє визначити найбільшу силу, яку витримує мотузка при динамічному навантаженні.

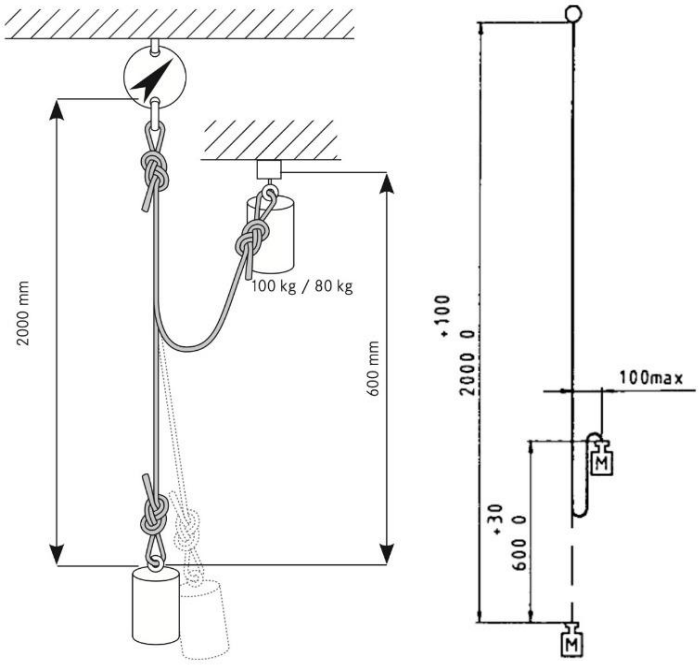


Рис. 1. Визначення максимальної сили ривка за стандартом EN 1891 - 1998.

Другим етапом є випробування на кількість ривків. Вимоги стандарту EN 1891 визначають, що канати із сердечником низького розтягування повинні витримувати не менше п’яти ривків із фактором 1. Для мотузок типу А при падінні вантажу масою 100 кг та для мотузок типу В при падінні вантажу масою 80 кг. Процедура випробувань на

кількість ривків передбачає, що вантаж піднімається на таку висоту, щоб точка приєднання вантажу збігалася з рівнем анкерної точки, при цьому відстань між ними повинна бути не більше 100 мм по горизонталі. Після цього вантаж скидається і падіння фіксується. Після кожного падіння навантаження знімається протягом 1 хвилини, а потім вантаж піднімається на вихідну висоту. Інтервал між випробуваннями зразка становить 3 хвилини. Випробування проводяться до п’яти повторень, поки мотузка не порветься.

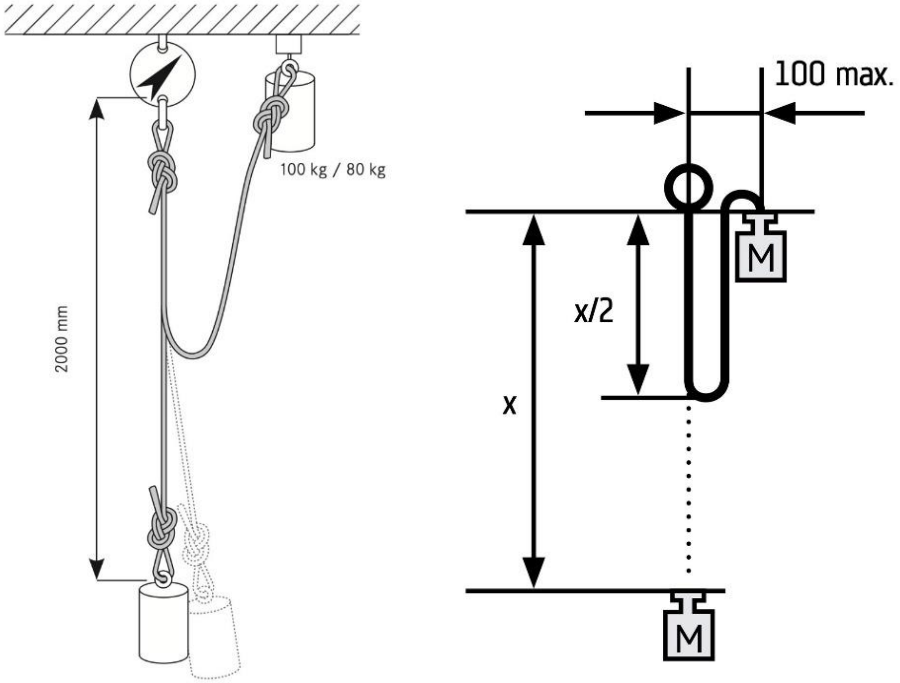


Рис. 2. Випробування динамічної міцності з підрахунком кількості витриманих ривків із фактором 1 за стандартом EN 1891-1998.

Ці випробування є важливими для оцінки динамічної міцності мотузок і забезпечують основу для підтвердження відповідності стандартам EN 1891-1998, що визначають вимоги до канатів із сердечником низького розтягування для використання в системах індивідуального захисту від падіння з висоти.

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1891:1998. European standard for «Ropesformountaineeringandrescue - Lowstretchkernmantleropes». European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

2. ДСТУ EN 1891:2014. Національний стандарт України для канатів із сердечником низького розтягування, адаптований з європейського стандарту EN 1891:1998.

3. UIAA (International Climbingand Mountaineering Federation). UIAA 107: Mountaine eringropes – dynamicropes. UIAA, Switzerland.

4. Samson Rope Technologies. Samson GPX Ropes Specificationsand Uses. Samson Rope, USA.

УДК 351.861

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НС

Неклонський І.М., *к.військ.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Ліквідація наслідків надзвичайної ситуації (НС) – це складний процес (комплекс заходів), що включає аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, які здійснюються у разі виникнення НС і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей та майна, а також на локалізацію зони НС. Незамінним методом дослідження функціонування складних процесів є моделювання.

Для дослідженні організаційної структури системи управління під час ліквідації наслідків НС, як правило, використовуються мультиагентна [1,2] або структурно-функціональна [3] концепції. Система управління представляється у вигляді безлічі взаємопов'язаних і взаємодіючих агентів (активних елементів), що мають свої локальні цілі та ресурси, які узгоджені з загальною метою системи та наявними ресурсами. З огляду на це ліквідацію наслідків НС доцільно розглядати з позиції об'єкта управління, для переведення якого з поточного до активного стану(адекватного рівню НС) потрібно здійснення низки організаційних заходів у вигляді виконання деякого обсягу робіт з необхідним темпом. При цьому дослідженню підлягає не тільки сама структура управління в цілому, але й система взаємодії її елементів (агентів).

Запропонована структурно-функціональна модель взаємодії при ліквідації наслідків НС являє собою сукупність шести множин (двох суб'єктів взаємодії (СбВ)), де елементи двох СбВ зв'язані структурно-функціональними базисами взаємодії:

– множина структурних елементів СбВ1 – $S_i = \{u_1\}$, де $u_1 = 1,...,r_1$ – номер структурного елемента СбВ1;

– множина структурних елементів СбВ2 – $S_j = \{u_2\}$, де $u_2 = 1,...,r_2$ – номер структурного елемента СбВ2;

– множина функціональних елементів СбВ1 – $F_i = \{k_1\}$, де $k_1 = 1,...,p_1$ – номер функціонального елемента СбВ1;

– множина функціональних елементів СбВ2 – $F_j = \{k_2\}$, де $k_2 = 1,...,p_2$ – номер функціонального елемента СбВ2;

– множина завдань СбВ1 – $G_i = \{g_i\}$, де $i = 1,...,m$ – номер завдання СбВ1 під час ліквідації наслідків НС;

– множина завдань СбВ2 – $G_j = \{g_j\}$, де $j = 1,...,n$ – номер завдання СбВ2 під час ліквідації наслідків НС.

Під варіантом взаємодії будемо розуміти одне з можливих поєднань двох структурно-функціональних елементів, між якими може бути налагоджена взаємодія при вирішенні певних завдань в зоні НС.

Сформована структурно-функціональна модель взаємодії може бути представлена у вигляді неорієнтованого графа $G = (V, E)$ (рис. 1), де V – множина вершин графа, що відповідає кількості елементів системи, E – множина ребер, що відповідає кількості відносин між елементами системи.

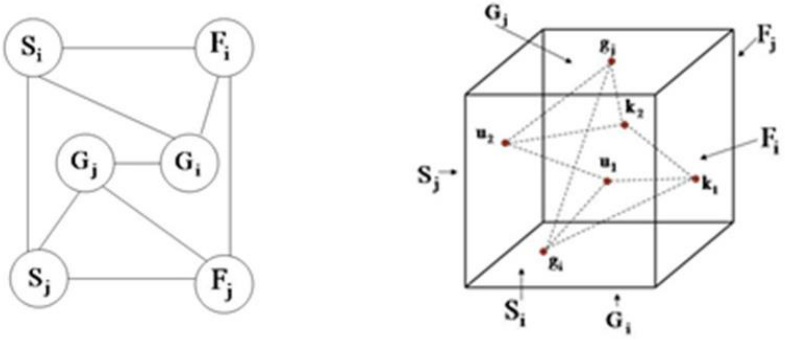


Рис. 1. Граф структурно-функціональної моделі взаємодії: S_i – множина структурних елементів СбВ1 (r_1); S_j – множина структурних елементів СбВ2 (r_2); F_i – множина функціональних елементів СбВ1 (p_1); F_j – множина функціональних елементів СбВ2 (p_2); G_i – множина завдань СбВ1 (m); G_j – множина завдань СбВ2 (n).

Введення елементів теорії графів дозволяє відобразити зв'язність формальної моделі, наочним чином представити встановлені зв'язки між учасниками процесу ліквідації наслідків НС. Апарат графів дає можливість описувати варіанти взаємодії за допомогою матриць суміжності. Матрицею суміжності A графа G будемо вважати квадратну $n \times n$ - матрицю, в якій елемент a_{ij} i-го рядка та j-го стовпчика дорівнює 1, якщо вершини v_i та v_j з номерами i та j суміжні, і дорівнює 0 у противному разі. Таким чином отримаємо матриці суміжності графів, що можуть бути побудовані на основі моделі рис. 1. Елементарними перетвореннями над рядками і стовпцями матриці шляхом викреслювання нульового рядка і стовпця отримаємо необхідні алгебраїчні аналоги відповідних графів, де $a_{ij} = 1$, якщо взаємодії має бути відпрацьована, $a_{ij} = 0$, якщо взаємодія не потрібна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будур І.М., Бойко С.А. Мультиагентна модель системи підтримки прийняття рішення по управлінню розподіленими об'єктами. Системи озброєння і військова техніка, 2020. № 3(63). С. 54–61. DOI: https://doi.org/10.30748/soivt.2020.63.08.

2. Konovalenko O., Brusentsev V. Мультиагентні системи управління та підтримки прийняття рішень Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР, 2019. № 1. С. 18–27. DOI: https://doi.org/10.20998/2079-0775.2019.1.03

3. Гута С.С. Структурно-функціональна модель системи державного управління в умовах кризових ситуацій, зумовлених воєнно-політичними чинниками. Державне управління: удосконалення та розвиток, 2020. № 2. DOI: 10.32702/2307-2156-2020.2.100

УДК 624.1/9:355.244.2

ПРО ОСНОВНИЙ КРИТЕРІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ З УРАХУВАННЯМ НЕОБХІДНОЇ (ВИМУШЕНОЇ) ЕВАКУАЦІЇ З ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Овсій О.М.,
Овсій Д.М., *Ph.D*
Національний університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка»

На сьогодні основним нормативним документом з проектування будівель і споруд з урахуванням вимог евакуації з їх приміщень є норми ДБН В.1.1-7:2016 [1], в яких в розділі 7 «Забезпечення евакуації людей» викладені основні вимоги щодо їх об'ємно-конструктивного вирішення з урахуванням необхідної евакуації людей з їх приміщень при пожежі, на основі яких протязі чисельних років були запроектовані і побудовані існуючі будівлі і споруди. В той же час вимоги щодо вимушеної евакуації населення з існуючих будівель і споруд в захисні споруди цивільного захисту (ЗСЦЗ) не зазначені, як в нормативних документах ДБН В.2.2-5:2023 [2], так і в запропонованому Міністерством розвитку громад та територій України практичному посібнику з проектування укриттів у закладах освіти [3].

Відсутність на сьогодні в нормах з проектування ЗСЦЗ [2] вимог, які б враховували умови вимушеної евакуації населення з існуючих будівель і споруд, призводить до прийняття проектувальниками планувальних і об'ємно-конструктивних рішень з улаштування ЗСЦЗ, які є у більшості випадків економічно-ефективними, але не завжди є ефективними і безпечними на етапі евакуації (переміщення) населення із приміщень будівель (споруд) в приміщення ЗСЦЗ. В той же час проектування планувальних і об'ємно-конструктивних рішень з улаштування ЗСЦЗ поблизу чи в середині існуючих будівель (споруд), які були бефективними і безпечними при евакуації (переміщенні) населення у випадку зовнішньої загрози (небезпеки), можуть бути більш економічно-затратними, тому при відсутності положень в нормативних документах, які б дозволяли б проектувальнику обґрунтувати своє прийняте проектне рішення, у більшості випадків приймаються рішення, які на сьогодні відповідають нині діючим нормам проектування. Виходячи із вище викладеного, на сьогодні виникла необхідність в розробці чи удосконалені положень існуючих норм з проектування ЗСЦЗ з урахуванням умов вимушеної (необхідної) евакуації (переміщення) населення з існуючих будівель (споруд) при зовнішній загрозі (небезпеці).

Основним критерієм при проектуванні захисних споруд цивільного захисту (ЗСЦЗ) з урахуванням необхідної ефективної евакуації людей з існуючих будівель і споруд повинна стати умова, при якій мінімальний проміжок часу, протягом якого присутні можуть залишити приміщення будівлі (споруди) і наповнити приміщення захисних споруд (споруди), яка на сьогодні закладена в нормах проектування [1] для забезпечення безпечної евакуації людей при виникненні пожежі:

$$t_p \leq t_{доп} \tag{1}$$

де t_p –розрахункова тривалість вимушеної евакуації, хв.; $t_{доп}$ – допустима тривалість вимушеної евакуації, хв.

За розрахункову тривалість необхідно прийняти найбільшу тривалість вимушеної евакуації, що отримана шляхом підрахунку при розрахункових значеннях швидкості руху, пропускній здатності евакуаційних шляхів і виходів в існуючій будівлі (споруді) відповідно прийнятих моделей евакуації залежно від типу і місця розташування ЗСЦЗ по

відношенню до існуючої будівлі (споруди). Розрахункову тривалість вимушеної евакуації по кожній із прийнятих моделей евакуаційного шляху для визначеної групи людей в приміщеннях будівлі (споруди) пропонується визначати за залежністю:

$$t_p = f(v,\ q,\ l, \delta), \tag{2}$$

де v – розрахункова швидкість руху людей, м/хв.; q – розрахункова пропускна здатність евакуаційних шляхів: коридорів, сходів, виходів, входів у ЗСЦЗ, чол./м хв.; l – довжина евакуаційного шляху від приміщення будівлі до приміщення ЗСЦЗ, м; δ – ширина коридорів, сходів, дверей, м.

Для розроблення нормативних положень з проектування захисних споруд цивільного захисту (ЗСЦЗ) з урахуванням ефективної(безпечної) необхідної (вимушеної) евакуації людей з існуючих будівель і споруд залежно від ступеня зовнішньої загрози (небезпеки) необхідно:

– розбиття території країни на небезпечні зони з визначеним значенням допустимої тривалості вимушеної евакуації ($t_{доп}$) – часу реагування на вимушену зовнішню загрозу (небезпеку), хв;

– прийняття основних базисних (типових) моделей евакуації (евакуаційних шляхів) залежно від: об'ємно-планувального, конструктивного вирішення та призначення існуючої будівлі (споруди); кількості присутніх в приміщеннях будівлі, чол;

– прийняття типу захисних споруд (споруди) цивільного захисту (ЗСЦЗ) і місця їх (її) розташування: підземні, наземні; окремі, прибудовані, вбудовані; для постійного довготривалого чи тимчасового перебування, які б забезпечували вимоги з вимушеної евакуації (переміщення) людей із приміщень будівлі (споруди) в приміщення ЗСЦЗ з дотриманням умови (1).

Частина нормативних положень з проектування захисних споруд цивільного захисту (ЗСЦЗ) з урахуванням ефективної (безпечної) необхідної (вимушеної) евакуації людей з існуючих будівель і споруд можуть базуватися на вимогах щодо безпечної евакуації людей, які приведені в розділі 7 норм ДБН В.1.1-7:2016 [1].

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні положення. Наказ Мінрегіону України від 31.10.2016 р. № 287, чинні з 2017-06-01. К.: Мінрегіон України, 2017. 47 с.

2. ДБН В.2.2-5:2023 зі Зміною №1. Захисні споруди цивільного захисту / Накази Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 10.08.2023 року №702 та 10.10.2023 року № 921, чинні з 2023-11-01. К.: Мінінфраструктури України, 2023. 131 с.

3. Практичний посібник з проектування укриттів у закладах дошкільної та загальної середньої освіти. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 24 с.

УДК 641.84

РОЗРОБКА ПРОЕКТУ УДОСКОНАЛЕННЯ ВІЗКА ПІДВАГОННОГО ГАСІННЯ З РОЗПИЛЮВАЧЕМ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СКЛАДІВ

Остапов К.М., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Метрополітен – важлива частина транспортної системи великих міст. В них постійно зростає кількість станцій метрополітену, розширюються мережі ліній, зростають обсяги перевезень пасажирів. Для здійснення перевізного процесу метрополітен має розгалужену мережу підземних споруд з розміщеним в них різноманітним технічним обладнанням.

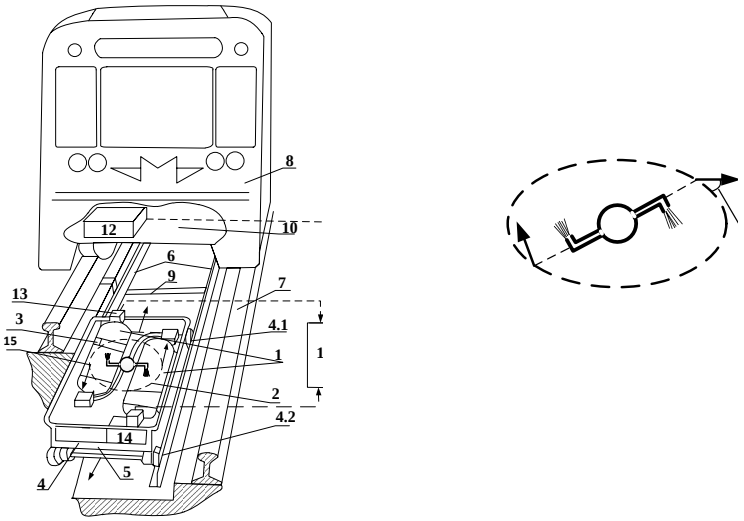
Вітчизняний та світовий досвід експлуатації метрополітенів свідчить про їх високу пожежну небезпеку. Гасіння пожеж у підземних спорудах метрополітену ускладнюється їх сильним задимленням, віддаленістю від поверхні, труднощами в управлінні пожежно-рятувальними підрозділами, необхідністю взаємодії з адміністрацією об'єкта під час проведення евакуації та виконанні організаційно-технічних заходів щодо зняття напруги та димовидалення.

В роботі [1] зроблено крок до підвищення ефективності гасіння пожеж на станціях метро в підвагонному просторі. Було проведено експерименти, в яких замість вогнегасного порошку подавалась на гасіння сучасна гелеутворююча система двокомпонентного складу $Na_2O{\cdot}2{,}95SiO_2 + CaCl_2$. Доставку гелеутворюючих складів (ГУС) під відповідний вагон електропоїзду на станції здійснюється за допомогою спеціального візку. Дослідження показали, що недоліком такого візка є окрема подача на об'єкти пожежогасіння компактними струменями компонент ГУС, що не сприяє покриттю усіх елементи обладнання під вагоном рівномірно. Тим самим зменшується ефект адгезії ГУС до палаючих поверхонь. А це, в свою чергу, супроводжується не раціональними витратами ГУС і зменшенням ефективності пожежогасіння.

Щодо шляху доставки двох складових ВГР (гелеутворючої сполуки $Na_2O{\cdot}2{,}95SiO_2 + CaCl_2$) до потрібного місця у підвагонному просторі, то тут удосконалення візка доцільно пов'язати з універсальним змішувач-розпилювачем типу «сегнерове колесо», проект якого нами запропоновано.

Він містить: раму вузької колії з двома балонами, що заповнені під тиском двома компонентами ГУС та прикріплені до рами рухомого візка з двома колісними парами, де перша і друга колісні пари приєднані тросом з зачіпками до барабанної лебідки з відповідним приводом «тягни-штовхай». Візок встановлено у колії посередині основної колії руху вагонів метро. Удосконалення візка підвагонного гасіння полягаю у використані змішувача-розпилювача типу «сегнерове колесо» з двома загнутими до гори під кутом (відносно горизонтальної площини візка) кінцевими насадками, які дозволяють змінювати дисперсність крапель та розпилюють компоненти ГУС у вигляді дрібнодисперсного туману рівномірно на усі поверхні підвагонного простору. Завдяки дрібнодисперсному рівномірному розпиленню компонент ГУС вдається рівномірно покрити всі елементи обладнання під вагоном, отримати однаково стійку адгезію на всіх поверхнях пожежогасіння та зменшити втрати ВГР від стікання та осипання.

На рис. 1 а наведено схеми до проекту удосконаленого візка вузької колії зі спрощеним блоком керування. Спрощення блоку керування рухом візка вузької колії стає можливим завдяки конструктивному зменшенню кількості балонів з ВГР до 2-х штук (рис. 1 а).



а) б)

Рис. 1. Схеми до проекту удосконаленого візка підвагонного гасіння: а) устрій підвагонного гасіння: 1 – балони з компонентами ГУС; 2 – хомути кріплення; 3 – замки кріплення; 4 – візок; 4.1, 4.2 – перша і друга колісні пари; 5 – зчіпка; 6 – вузькоколійна дорога; 7 – основна колія; 8 – вагон метрополітену; 9 – шпала; 10 – тягова лебідка з тросом «тягни-штовхай»; 11 – система управління рухом візка; 12 – система управління рухом вагону, 13 – датчик температури; 14 – тахометр 15 – розпилювач типу «сегнерове колесо»; б) схема роботи змішувач-розпилювача типу «сегнерове колесо».

Тягова лебідка з барабаном, що закільцьована тросом з зачіпками, задіяна за принципом «тягни-штовхай», забезпечує човниковий рух візка з одночасним розпорошуванням попередньо змішаної рідини ГУС у підвагонний простір. Спрощений блок управління керує рухом візка за аналогією з системою автоматичного регулювання швидкості вагонів. Візок з вогнегасниками зупиняється в залежності від факту досягнення їм осередку пожежі. Про що сигналізують температурний та швидкісний датчики, які встановлені на візку. Всі режими руху візка, включаючи його повернення на вихідне положення для заміни порожніх вогнегасників, заповненими, здійснюється дистанційно.

На рис. 1 б показано, схему роботи універсального змішувач-розпилювача типу «сегнерове колесо». Так, за рахунок реактивного обертання змішувач-розпилювача типу «сегнерове колесо», створюється можливість наповнення підвагонного простору дрібнодисперсним «туманом» ГУС та за рахунок реверсивного зміщення візка («туди-сюди» біля осередку пожежі) шарами покриваються деталі та вузли всього палаючого підвагонного обладнання. Тут α – нахил кінця насадку змішувач-розпилювачу, тобто кут атаки на пожежу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ostapov, K.M., Senchykhin, Yu.M., Avetisyan, V.H., Haponenko, Yu.I., Kyrychenko, I.K. (2023). Pidvyshchennya efektyvnosti hasinnya pozhezh u pidvahonomu prostori metro heleutvoryuyuchymy skladamy. Problemy nadzvychaynykh sytuatsiy. 2(38). 267–280. URL: http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/38/18.pdf

УДК 641.84

РОЗРОБКА СТЕНДУ ВИПРОБУВАНЬ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ МОДЕЛЬНИХ ПОЖЕЖ НЕЙТРАЛЬНИМИ ГАЗАМИ

Остапов К.М., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

На сьогоднішній день для гасіння внутрішніх пожеж [1] розроблено та ефективно використовуються різні технічні засоби [2]. Однак при гасінні музейних художніх цінностей необхідно враховувати особливості розвитку пожеж у музеях [3]. Відомо, що активна діяльність музеїв світу в значній мірі базується на фондах їх експозиційних колекцій, які більшою частиною зберігаються у так званих запасниках, в котрих мається пожежно-технічне обладнання (ПТО). Воно відповідно пристосовується до об'ємно-планувальних рішень конкретних приміщень фондосховищ. Захисту раритетів, потрібно сучасне обладнання об'ємного газового пожежогасіння.

Слід сказати, що характерною особливістю музеїв є збільшення кількості експонатів, з бажанням постійного їх поповнення для поновлення експозицій. Тому фондові запасники, як правило, подвоюються приблизно кожні 15–25 років. Природно, що привабливість відвідування музеїв йде в основному за рахунок наявності раритетів у фондосховищах, де зберігається основна маса експонатів (80-90%), тому саме тут накопичується значні музейні художні цінності (МХЦ), які можуть при пожежах зовсім знищитися.

Щоб проводити дослідження вогнегасної ефективності різних варіантів сумішей НГ для гасіння пожеж МХЦ, перш за все нами було розроблено лабораторний випробувальний стенд (ЛВС), який максимально наближався би за конструкцією до серійних автоматичних установок газового пожежогасіння (АУГПГ), якими гасять пожежі в музеях і їх фондосховищах.

Найбільш зручним, на наш погляд, є ЛВС за схемою (рис. 1).

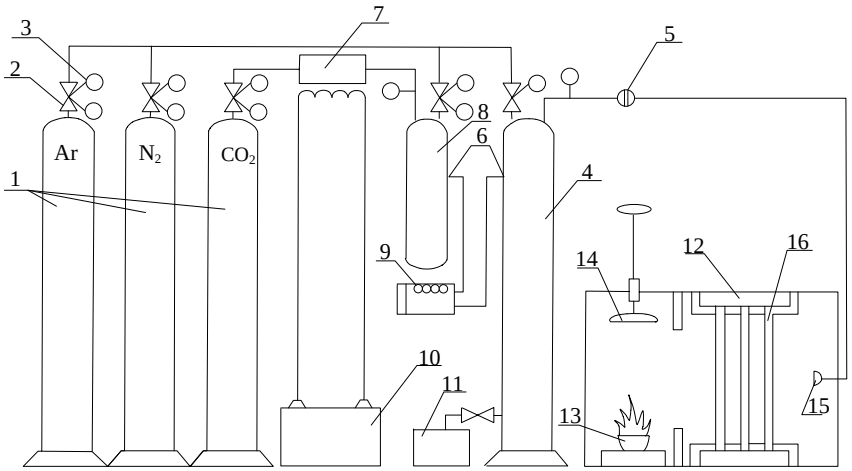


Рис. 1. Принципова схема лабораторного випробувального стенду: 1 – балон з газом; 2 – вентиль; 3 – манометр; 4 – змішувач; 5 – пробковий вентиль; 6 – термопари; 7 – випаровувач; 8 – накопичувач; 9 – регулювальний прилад; 10 – трансформатор; 11 – блок продувки; 12 – випробувальна камера; 13 – модельне вогнище; 14 – пристрій гасіння; 15 – завихрювач; 16 – зразки.

Випробувальна камера ЛВС доповнена контрольно-вимірювальною апаратурою, яка дозволяє за часом фіксувати параметри, що досліджуються.

Таке схемне рішення дозволяє подавати компоненти вогнегасної суміші НГ з відповідних балонів у змішувач дозовано, а вже після їх змішування задіяти суміш НГ у випробувальній камері при гасінні модельної пожежі. Для цього потрібно розрахунком узгодити об'єм змішувача з об'ємом випробувальної камери стенду, що буде показано нижче. Крім цього, таке рішення дає можливості:

проводити дослідження із мінімальною витратою інертних газів;

зробити гарне змішування інгредієнтів;

утримувати реальні температурні умови під час експериментів;

не збільшувати матеріальні витрати на проведення експериментів порівняно з роботою типовою АУГПГ.

Питання розрахункового об'єму змішувача для приготування сумішей НГ досить важлива, так як тиск у змішувачі й інших системах стенду знаходиться в прямої залежності від кількості газу, що там знаходиться.

Розрахунок сумарного тиску може бути виконано комплексно, однак для наших складових (CO_2, N_2, Ar) з урахуванням повітря такі розрахунки громіздкі та на практиці не зручні. Визначення шуканого тиску доцільно провести, базуючись на одній зі складових цього газового складу. В якості основної складової нами пропонується обрати аргон, який має найбільший показник адіабати η_o: η_{oAr}=1,67, η_{oN^2} =1,4, $\eta_{oCO}{}^2$= 1,4. Тоді вираз для знаходження тиску наповнення ЛВС любою з компонент НГ «CONAR» можна записати у звернутому вигляді так:

$$\frac{p_i - 1}{p_i^{\frac{-1}{\eta_0}}} + \sum_{I=1}^{I} \left(W_{OK} \cdot p_i^{\frac{-1}{\eta_{0i}}} \right) = 1 \qquad (1)$$

де p_i – тиск зарядки і-компоненти,

η_o = 1,4 – показник адіабати для повітря,

K = 1...i, – кількість складових,

i = 1...j (j – кількість компонент в суміші),

η_{oi} – показник адіабати і складової суміші.

Вираз (1) є універсальним і може бути застосований для знаходження тиску зарядки змішувача за любим з компонентів вогнегасної суміші, при необмеженій їх кількості. На підставі (1) за уточненою методикою була розрахована вхідна базова матриця експерименту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ostapov, K., Kirichenko, I., Senchykhyn, Y. (2019). Improvement of the installation with an extended barrel of cranked type used for fire extinguishing by gel-forming compositions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4(10(100)). 30–36. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.174592

2. Ostapov, K. et al. (2022). Improving the Quenching of the Undercarriage Space Due to the Adhesive Properties of Gel-Forming Compositions. Key Engineering Materials. 927. 53–62. DOI: 10.4028/p-1su80t

3. Dubinin, D. et al. (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. 191–198. DOI: 10.4028/p-8258ob

УДК 614.842

ПРОВЕДЕННЯ РОЗВІДКИ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Панчишин Ю.І.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (далі – НС) [1] керівник гасіння пожежі чи керівник ліквідації наслідків НС зобов'язаний визначити вирішальний напрямок дій пожежно-рятувальних підрозділів для її локалізації та ліквідації на місці події. Відповідно, для визначення вирішального напрямку дій на місці події необхідно провести розвідку місця виникнення пожежі чи НС. Станом на сьогоднішній час залучення безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА), а саме дронів для проведення розвідки значною мірою дозволяє пожежним-рятувальникам отримати швидку та повну критичну обізнаність про ситуацію на пожежі чи НС, що в свою чергу допомагає швидко та оперативно врятувати життя людей та виявити осередки пожежі. Також враховуючи умови сьогодення, нажаль, Українсько-російська війна триває [2], ворог внаслідок обстрілів руйнує інфраструктуру наших міст, населених пунктів та земельних угідь, тому використання дронів [3] під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС, а особливо на прифронтових територіях, врази підвищує мобільність, оперативність дій пожежно-рятувальних підрозділів та підвищує рівень безпечних умов праці на місці події для особового складу Державної служби з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС), як зображено на рис.1.



а) б)

Рис. 1. Проведення розвідки за допомогою дронів: а) на пожежі; б) на земельних угіддях.

Використовуючи дрони під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС є можливість провести наступні пошуково-рятувальні операції, як зображено на рис.2:

– швидке розгортання та доступність до виявлення осередків горіння;
– пошук потерпілих;
– підвищення рівня безпеки для пожежних-рятувальників на місці події;
– оцінка обстановки після локалізації пожежі чи наслідків НС.



Рис. 2. Проведення пошуково-рятувальних операцій за допомогою БПЛА.

Отже, можна зробити висновок, що використання дронів під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків НС є запорукою швидкого і успішного проведення розвідки місця події та своєчасного проведення пошуково-рятувальних операцій, а особливо в міських центрах і навколо них, де у висотних будівлях можуть перебувати люди у вогняній пастці або під руїнами будівлі. Відповідно, підрозділи та формування ДСНС України які працюють на місці події можуть отримувати інформацію з повітря швидким та економічно ефективним способом, а пожежні автодрабини та колінчасті автопідіймачі встановлювати та розгортати в найбільш ефективних місцях на пожежі чи НС після проведеної аеророзвідки дронами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж». URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/373496___373561

2. Наказ ДСНС України № 375 від 02.04.2024 «Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії». URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf

3. Дрони для пошуку та порятунку: рятування життів за допомогою технологій. URL: https://soroka-vorona.info/tekhnolohii/drony-dlia-poshuku-ta-poriatunku/

УДК 351.86

ОРГАНІЗАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКІ АСПЕКТИ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ ТА ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІВ ТА ПІДРОЗДІЛІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВІЙНИ

Пасинчук К.М., *к.пед.н., доцент,*
Мазур Є.М.,
Мазур Ю.М.,
Мурич Є.В.,
Фрусевич І.О.
Національний університет цивільного захисту України

Спланована заздалегідь збройна агресія росії проти України розпочалася 20 лютого 2014 року з військової операції збройних сил рф із захоплення частини території України – Кримського півострова. Війна росії проти України стала не стільки міждержавним, скільки цивілізаційним конфліктом. При цьому російська влада веде активну інформаційну війну, застосовує пропаганду та дезінформацію для приховування та виправдання своїх міжнародних злочинів.

24 лютого 2022 року росія розпочала широкомасштабний військовий напад на Україну – президент рф оголосив про початок «спеціальної військової операції» під приводом здійснення «демілітаризації та денацифікації України». Після цього, близько четвертої години ранку, були нанесені ракетні удари по всій території України, а російські війська здійснили неспровоковане широкомасштабне військове вторгнення на територію нашої держави, наступаючи з території рф, Білорусі та тимчасово окупованого Кримського півострова та окремих районів Донецької та Луганської областей.

Україна нині є найбільш замінованою державою світу, що становить серйозну загрозу для життя мирного населення, блокуючи економічний розвиток регіонів. Також Україна посідає одне з найвищих місць у світі за кількістю втрат серед цивільного населення від наземних міні боєприпасів, що не розірвалися, а також за кількістю інцидентів з протитранспортними мінами.

Очевидно, що гуманітарне розмінування – ключ до відновлення України як під час війни, так і після її завершення. 2024 року вдалося досягти чимало: затвердити Національну стратегію протимінної діяльності [1], запустити ринок гуманітарного розмінування, удосконалити систему бронювання саперів та розвинути вітчизняну техніку для розмінування. Проте, 2025 рік принесе нові виклики: скорочення фінансування, можливі затримки з перевіркою очищених ділянок і складнощі роботи в умовах війни.

Відповідно до пункту 6 статті 17 Кодексу цивільного захисту України, до повноважень центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері цивільного захисту відноситься затвердження порядку організації виконання піротехнічних робіт, пов’язаних із знешкодженням вибухонебезпечних предметів, що залишилися на території України після воєн, сучасних боєприпасів та підривних засобів (крім вибухових пристроїв, що використовуються в терористичних цілях), крім територій, наданих для розміщення і постійної діяльності військових частин, установ, військових закладів освіти, підприємств та організацій Збройних Сил України, інших утворених відповідно до законів України військових формувань, а також порядок взаємодії під час виконання таких робіт [2].

Відповідно до пункту 3 статті 1 Закону України «Про протимінну діяльність в Україні», розмінування (гуманітарне розмінування) – комплекс заходів, які проводяться операторами протимінної діяльності з метою ліквідації небезпек, пов’язаних із вибухонебезпечними предметами, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, складення карт, виявлення, знешкодження та (або) знищення

вибухонебезпечних предметів, маркування, підготовку документації після розмінування, надання громадам інформації щодо протимінної діяльності та передачу очищеної території.

Також в п. 12 Вказаної вище норми зазначено, що протимінна діяльність це заходи, що проводяться з метою забезпечення національної безпеки та спрямовані на зменшення соціального, економічного та екологічного впливу вибухонебезпечних предметів на життя та діяльність населення [3].

Відповідно до діючого законодавства, до проведення розмінування (гуманітарного розмінування) залучаються фахівці з розмінування, а з огляду на нестабільну геополітичну ситуацію у світі та необхідність відповіді на російську агресію, наша держава змушена вдосконалювати свої системи безпеки. Однією з ключових ланок в цьому процесі є оператори протимінної діяльності, які відповідають за розмінування території та боротьбу з наслідками мінно-вибухових подій. Ці організації активно співпрацюють із міжнародними партнерами та агентами для обміну досвідом та отримання необхідних ресурсів.

Відповідно до ст. 28 Закону України«Про внесення змін до Закону України «Про протимінну діяльність в Україні», виконавці заходів у сфері протимінної діяльності набувають статусу операторів протимінної діяльності з моменту отримання відповідно до чинного законодавства сертифіката відповідності процесів з протимінної діяльності, які здійснює оператор протимінної діяльності.

Не можуть набувати статусу оператора протимінної діяльності підприємства, установи чи організації, розташовані на території офшорних зон або зареєстровані на території держав, до яких згідно із законодавством України та резолюціями Ради Безпеки Організації Об’єднаних Націй, інших міжнародних організацій, рішеннями Ради Європейського Союзу, інших міждержавних об’єднань та іноземних держав застосовані санкції, або якщо вони мають походження з держави, визнаної державою-окупантом згідно із законом України та (або) визнаної державою-агресором щодо України згідно із законодавством [4].

З 01 січня 2022 року ДСНС України було введено в дію Стандартну операційну процедуру 05.10/ДСНС «Управління інформацією щодо виконання заходів протимінної діяльності органами і підрозділами цивільного захисту» [5].

Зазначений документ визначив, що метою реалізації заходів з управління інформацією з протимінної діяльності органами та підрозділами цивільного захисту є створення та наповнення бази даних щодо виконання заходів протимінної діяльності для надання доступу до актуалізованої інформації про забруднення території держави мінами та іншими вибухонебезпечними предметами з метою прийняття рішень щодо планування та пріоритизації розмінування цих територій, а також надання необхідної звітної інформації щодо виконаних робіт.

Основними напрямами управління інформацією з протимінної діяльності в органах та підрозділах цивільного захисту є:

– облік небезпечних територій, забруднених вибухонебезпечними предметами;

– проведення нетехнічного та технічного обстеження територій, стосовно яких існує підозра щодо її забруднення вибухонебезпечними предметами;

– облік виконаних робіт щодо очищення (розмінування) територій, забруднених вибухонебезпечними предметами

– навчання населення ризикам, пов’язаним із поводженням з вибухонебезпечними предметами;

– облік нещасних випадків, пов’язаних з вибухонебезпечними предметами;

– облік виконаних робіт щодо оперативного реагування на повідомлення від населення про виявлення вибухонебезпечних предметів.

Дане дослідження це лише початок наукового пошуку щодо комплексного розуміння державної політики у сфері гуманітарного розмінування та нормативно-правової регламентації протимінної діяльності. Правова система України потребує постійного оновлення та впровадження комплексного організаційно-правового підґрунтя протимінної діяльності, що має передбачати імплементацію міжнародних стандартів та нормативних актів в законодавство України, а для ефективного контролю з боку держави є гостра необхідність встановлення чітких стандартів та регламентів, які дозволять максимально управляти складовими протимінної діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про схвалення Національної стратегії протимінної діяльності на період до 2033 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024–2026 роках: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 28.06.2024 р. № 616-р. Дата оновлення: 28.06.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/616-2024-%D1%80#Text (дата звернення: 14.03.2025).

2. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-V. Дата оновлення: 01.01.2025. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text (дата звернення: 14.03.2025).

3. Про протимінну діяльність в Україні: Закон України від 06.12.2018 р. № 2642-VIII. Дата оновлення: 01.01.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text (дата звернення: 14.03.2025).

4. Про внесення змін до Закону України «Про протимінну діяльність в Україні»: Закон України від 17.09.2020 р. № 911-IX. Дата оновлення: 17.09.2020. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/911-20/#Text (дата звернення: 14.03.2025).

5. Управління інформацією щодо виконання заходів протимінної діяльності органами і підрозділами цивільного захисту: Стандартна операційна процедура 05.10/ДСНС від 27.10.2021 р. URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/9/5/9/J1tUlKukwKvx9eoIRHwpAV916TzIBTJAgmr3lCkA.pdf (дата звернення: 14.03.2025).

УДК 614.8

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЛІКВІДАЦІЇ ТОРФОВИХ ПОЖЕЖ

Петухова О.А., *к.т.н., доцент,*
Швед А.В.,
Білаш Є.А.
Національний університет цивільного захисту України

Торфові пожежі належать до найбільш складних типів пожеж, що вимагають спеціальних технічних засобів, тактичного планування та значних ресурсів для ліквідації. В Україні такі пожежі виникають регулярно через великий обсяг торф'яників (понад мільйон гектарів). Їх гасіння стає особливо актуальним у посушливі періоди, коли ризик виникнення пожеж зростає.

Торфові пожежі характеризуються повільним поширенням вогню з можливістю охоплення великих територій, глибинним горінням, що ускладнює доступ до вогнища горіння, значними екологічними наслідками.

Основна складність полягає у глибинному горінні торфу, яке може досягати двох метрів, а також у ризику повторного займання через тління залишків [1].

Методи гасіння:

1. Затоплення осередків водою за допомогою насосних станцій та мотопомп (це основний спосіб боротьби, що вимагає значної кількості води).
2. Використання хімічних засобів (піни) для зменшення інтенсивності горіння.
3. Механічні бар'єри, створені за допомогою екскаваторів та іншої техніки, для обмеження поширення вогню.
4. Засипка осередків піском або ґрунтом для обмеження доступу кисню.

Для ефективного гасіння необхідно залучати пожежні машини для подачі води на поверхню (рис.1), мотопомпи та мобільні насосні станції для транспортування води до віддалених ділянок, бурові установки для доступу до підземних шарів торфу, резервуари (підземні та наземні) для забезпечення постійного водопостачання.



Рис. 1. Гасіння пожежі торфів подаванням води на поверхню.

Етапи ліквідації:

1. Оцінка масштабів пожежі та розрахунок необхідних ресурсів (сила, засоби, обсяги води).
2. Організація водопостачання, що включає розміщення резервуарів та забезпечення їх швидкого заповнення.
3. Локалізація вогню із застосуванням комбінованих методів.
4. Контроль залишкового тління для уникнення повторних займань.

Для підвищення ефективності боротьби з торфовими пожежами застосовуються різні способи та методи, які можна розділити на наступні напрями:

– попередження виникнення та розповсюдження пожежі (вдосконалення спостереження за територіями, організація інженерних заходів з запобігання розповсюдження пожежі, створення стаціонарних пожежних водоймищ, доступних та пристосованих для забору води з них у будь-яку пору року),

– вдосконалення тактики гасіння торфів,

– розробка та використання вдосконалених пристроїв та спеціальної техніки для гасіння торфів,

– використання спеціальних хімічних сполук для гасіння торфів.

Зрозуміло, що перший напрямок є найефективнішим, хоча з економічної точки зору він може не бути оптимальним. Його реалізація може здійснюватись шляхом автоматизації систем подачі води (що дозволить оперативно реагувати на зміни в умовах пожежі); використанням дронів для моніторингу та оцінки масштабів пожежі; інтеграцією геоінформаційних систем для аналізу місцевості та планування дій; застосуванням інноваційних матеріалів, таких як нанопокриття для обмеження поширення пожежі.

Зрозуміло, що інноваційні підходи разом з технічними рішеннями та професійними діями пожежних здатні значно підвищити ефективність гасіння, зменшити екологічні збитки та забезпечити безпеку населення в зоні ризику. Тобто найкращій результат забезпечується інтеграцією всіх означених напрямів.

Найпростішим рішенням реалізації об’єднання декількох напрямів підвищення ефективності боротьби з торфовими пожежами є побудування пожежних водоймищ (ПВ) [2]. Вихідними даними для визначення необхідного об’єму таких ПВ є розміри торф’яника (площа, глибина), інтенсивність подачі води на пожежогасіння, добова швидкість відновлення запасу води. Розрахунок необхідного об’єму ПВ для гасіння торфів в залежності від площі торф’яника (від 10 до 1000 м^2), інтенсивності подачі води на пожежогасіння (від 8 до 200 л/(с·м^2) та часу гасіння (від 3600 до 36000 с) показав, що необхідна кількість води може бути в межах від 288 до 7200000 м^3. Тобто для гасіння торф’яників невеликої площі, протягом однієї години використовуючи невелику кількість стволів, можливо забезпечити наявність необхідної кількості води від існуючих мереж або водоймищ-копанів. Але при необхідності тривалої подачі значної кількості води умови забезпеченості водою виконати практично не можливо.

Таким чином, методи гасіння торфових пожеж можна розділити на чотири основних напрямки. Ефективним є профілактичний напрямок, спрямований на попередження виникнення та розповсюдження пожежі. Але найбільший ефект буде досягнутий комбінуванням різних способів та методів гасіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соколов Д.Л. Методи використання пожежно-технічного обладнання для гасіння пожеж при горінні торфу. «Проблеми техногенно-екологічної безпеки в сфері цивільного захисту»: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції – НУЦЗ України, 2022. С. 143–146 (8.12.2022). URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/21024

2. Петухова О.А., Швед А.В., Білаш Є.А. Аналіз умов успішного гасіння торфів. «Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення»: матеріали міжнародної науково-практичної конференції – ЛДУБЖД, 2024. С. 140–142 (13.12.2024). URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/23509

УДК 614.84

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Півторацький В.В.,
Мірошніченко В.О.
Національний університет цивільного захисту України

Велике занепокоєння на сьогодні викликає стан справ з пожежами на відкритих територіях у природних екосистемах (далі – ПЕС) та їхніми наслідками. Настання теплого періоду, останнім часом, на території України завжди супроводжується суттєвим збільшенням кількості пожеж в ПЕС. Станом на початок лютого 2025 року в природних екосистемах України вже зафіксовано 714 пожеж на площі 333 гектари. Це майже втричі більше, ніж у 2024 році (242 пожежі), та суттєво перевищує показники 2023 року (223 випадки).

При цьому на території, де відбувалися бойові зіткнення внаслідок збройної агресії, а також в місцях падіння уламків ракет та бойових БПЛА, що фактично актуально для всієї територію України, пожежі в ПЕС несуть додаткову загрозу, враховуючи можливість наявності вибухонебезпечних предметів (далі – ВНП), що можуть нести небезпеку для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів. Тому при гасінні таких пожеж необхідно завжди передбачати можливість наявності вибухонебезпечних предметів на території та дотримуватися відповідних заходів безпеки.

Так, у березні 2022 року у Київській області під час під час слідування з місця гасіння пожежі до місця заправки пожежного автомобіля водою поблизу села Нові Петрівці пожежний автомобіль з особовим складом підірвався на вибуховому пристрої, при цьому, постраждало 8 рятувальників.

У серпні 2024 року в м. Балаклія Харківської області під час гасіння лісової пожежі на деокупованій території підірвалася пожежна автоцистерна на ворожому ВНП, при цьому, двоє рятувальників були поранені.

Слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця проведення робіт необхідно забезпечити безпечним маршрутом та на випадок непередбаченої зміни оперативної обстановки визначити запасний маршрут.

Необхідно враховувати, що поблизу блокпостів і військових позицій (покинутих позицій) на узбіччях доріг з твердим покриттям, ґрунтових дорогах, територіях можуть бути встановлені протитанкові і протипіхотні міни (міни на розтяжках), саморобні вибухові пристрої та інші ВНП.

Для забезпечення безпечного пересування техніки підрозділів ДСНС слід використовувати дороги з твердим покриттям, не допускаючи з'їзду техніки на узбіччя доріг. Пересування техніки ґрунтовими та лісовими дорогами здійснювати лише у супроводі представників військових формувань чи піротехнічних підрозділів ДСНС.

Для припинення поширення пожежі в ПЕС слід використовувати природні перешкоди, визначити можливі рубежі введення сил для локалізації пожежі, за можливості у співпраці з військовим командуванням застосувати військову важку інженерну техніку для створення мінералізованих смуг.

Для зупинення поширення пожежі в ПЕС, враховуючи ситуацію на місці події, доцільно застосовувати випалювання рослинності та пуск зустрічного вогню по фронту пожежі.

Гасіння пожежі у ПЕС у темний час доби здійснювати лише у разі крайньої необхідності, обов'язково звертаючи особливу увагу на дотримання посилених заходів безпеки. При цьому подавання водяних стволів на гасіння пожежі здійснюється від

автоцистерн, які необхідно встановлювати виключно на безпечні або перевіреній ділянці місцевості (тверде покриття, обстежена відповідними фахівцями ділянка, мінералізованій смуга, що була зроблена безпосередньо перед гасінням пожежі).

Для забезпечення безпеки особового складу при реагування на пожежі в ПЕС, яка потенційно забруднена ВНП, за можливості повинні застосовуватися капотні пожежні автомобілі, які забезпечують найвищий рівень безпеки особового складу оперативних розрахунків у разі підриву на мінах, враховуючи відстань від передніх коліс до кабіни оперативного розрахунку у горизонтальній площині. Але, зважаючи на тенденцію технічного переоснащення пожежно-рятувальних підрозділів, коли переважна кількість сучасної пожежної техніки виготовлена на базі безкапотних базових шасі, зменшення кількості, а в подальшому і можлива відсутність, таких автомобілей може стати значною проблемою в розрізі забезпечення належної безпеки особового складу пожежних-рятувальників під час гасіння пожеж в ПЕС.

Досить важливим і необхідним в даних умовах конструктивним рішенням щодо забезпечення додаткової безпеки особового складу пожежно-рятувального розрахунку можуть стати заходи по посиленню днища кабіни водія та пожежно-рятувального розрахунку металевим листом із відповідною товщиною, що забезпечить захист особового складу у разі підриву пожежного автомобіля на ВНП.1

Під час виконання оперативних дій на пожежі необхідно мінімізувати переміщення особового складу, не допускаючи його виходу за межі безпечних ділянок. Для гасіння пожеж в ПЕС застосовувати переважно пожежні стволи замість підручних засобів пожежогасіння, які слід вводити з безпечних місць, де відсутня найменша загроза особовому складу від ВНП (перевірені ділянки місцевості, дороги з твердим покриттям, щойно прокладені мінералізовані смуги, ділянки місцевості пройдені вогнем).

У разі виявлення ВНП необхідно негайно повідомити піротехнічний підрозділ ДСНС та здійснити заходи щодо маркування місця виявлення підручними засобами з метою забезпечення відповідних дій для безпеки особового складу та техніки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль М. С. Дії підрозділів ДСНС України в умовах розвитку воєнного стану. Навчальний посібник. Львів : ЛУБЖД, 2023. 308 с.

2. Окреме доручення ДСНС від 22.03.2022 року № 022-01-од-ппу. «Про забезпечення безпеки. Методичні рекомендації щодо організації гасіння пожеж в природних екосистемах в районах ведення бойових дій, алгоритм дій особового складу у разі виявлення на місці загорань вибухонебезпечних предметів, а також надання домедичної допомоги у разі отримання мінно-вибухових травм».

3. Наказ МВС від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж».

УДК 351.861

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ОСОБОВИМ СКЛАДОМ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ

Риков Д.Д.,
Белюченко Д.Ю., *к.т.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Основні нормативні вимоги щодо основних видів оперативної діяльності на рівні ДСНС України конкретизовані лише для визначеного переліку рятувальних операцій, які проводяться з використанням конкретної пожежно-рятувальної техніки, озброєння та пожежно-технічного оснащення. З іншого боку, сьогодні оперативно-рятувальні підрозділи ДСНС України отримують різні зразки пожежно-рятувальної техніки, як гуманітарну допомогу від ключових країн, а самі рятувальники найчастіше змушені діяти в умовах впливу факторів, які не були враховані під час створення цієї пожежно-рятувальної техніки. Наприклад, щодня вони здійснюють близько 100–150 виїздів для усунення наслідків обстрілів населених пунктів та об’єктів інфраструктури. У більшості випадків вони змушені працювати у засобах бронезахисту.

Це призводить до невідповідності умов застосування пожежно-рятувальної техніки та озброєння, визначених тактико-технічними характеристиками, умовам застосування в конкретному гарнізоні при оцінці рівня готовності особового складу конкретного пожежно-рятувального підрозділу. Як наслідок, ні в керівних документах ДСНС України, ні в науково-технічній літературі відсутні критерії (тобто порівняльні критерії, що базуються на порівнянні людей, які належать до однієї групи) для таких ситуацій. Хоча в нормативних документах ДСНС України, і в науково-технічній літературі визначає, що без нього ефективна підготовка неможлива без їх наявності.

Реагування на надзвичайні ситуації і пожежі та їх подальша ліквідація включає наступні етапи: обробку викликів, виїзд і подальше реагування, розвідку, оперативне розгортання, дії які спрямовані на порятунок людей, збереження матеріальних цінностей, постачання вогнегасних речовин, проведення спеціальних операцій (таких як захист потенційно обвалених конструкцій, управління газовими потоками під час пожеж, порятунок і проведення робіт на висоті) та згортання сил та засобів і повернення до пожежно-рятувальних підрозділів. Відповідно до [1] дії з оперативного розгортання особовим складом відділення пожежно-рятувального автомобіля проводяться в різних умовах, включаючи день і ніч, сильний мороз, високі температури, несприятливі умови для дихання, на висоті та в підвальних приміщеннях, в умовах вибухи, обвалення, та з використанням засобів бронезахисту [2].



Рис. 1. Проведення оперативного розгортання в умовах використання бронезахисту.

У багатьох випадках ліквідація надзвичайних ситуацій, пожеж та аварій при проведені оперативного розгортання від пожежної автоцистерни пов'язана з поєднанням вищезазначених умов, а також з додатковим фізичним та психологічним навантаженням.

Розуміння закономірностей дій з оперативного розгортання під час реагування на надзвичайні ситуації має практичне значення при розробці та компоновки пожежно-рятувального автомобіля, пожежно-технічного озброєння та оснащення. Це дозволить передбачити можливий потенційний вплив нових видів пожежно-технічного озброєння та аварійно-рятувальної техніки на оперативні дії особового складу пожежно-рятувального підрозділу та усунути будь-яке зниження тактичних можливостей. Визнаючи, що під час проведення дій з оперативного розгортання відділень пожежно-рятувальних підрозділів існують закономірності, необхідно враховувати можливість виникнення проявів випадковості. Причинами випадковості можуть бути погана організація оперативних дій, зміни погодних умов, несправність аварійно-рятувальної техніки, падіння або вибух, тощо. Випадковість має певний вплив на хід і результат оперативних дій, але не є визначальним фактором успіху виконання основного завдання.

У цій доповіді розглядається підхід, розроблений авторами для обґрунтування пропозицій, щодо скорочення часу оперативного розгортання особовим складом відділень пожежно-рятувальних автомобілів призначення за спеціально розробленими критеріями. Ліквідація надзвичайної ситуації не можлива без оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів, які спрямовані на проведення вірних та рішучих дій: останні дають найбільший ефект при достатній їх кількості. Позначимо ефективність оперативний дій через R, яка характеризується:

– визначеними перед пожежно-рятувальними підрозділами завданнями r_1;

– достатністю кількості застосовуваних сил та засобів пожежно-рятувальних підрозділів r_2;

– необхідними темпами введення сил і засобів r_3;

– вірність та своєчасність оперативних дій r_4.

Таким чином, ефективність оперативних дій як фактор ліквідації надзвичайної ситуації в математичному виразі може бути описана залежністю (функціоналом fr) загального вигляду:

$$R = fr(r_1, r_2, r_3, r_4) \quad (1)$$

ЛІТЕРАТУРА

1. Belyuchenko, D., Strelets, V. (2020). Multivariate as sessment of the effectiveness of the operational development of fire trucks in the face of industrial emergencies. Municipal Economy of Cities, Series: Engineering science and architecture. 3. 156. 204–211. DOI: 10.33042/2522-1809-2020-3-156-204-211

2. ДСТУ 8782:2018 Засоби індивідуального захисту. Бронежилети. Класифікація. Загальні технічні умови. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0216774-18#Text

УДК 614.8

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЕЛЕУТВОРЕННЯ НА ГАЛІННЯ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

Савельєв Д.І., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Лісовий фонд України майже на 50 % складається з хвойних лісів, з яких 60 % займають молодники. Залісненням на сотнях тисяч гектарів створені соснові насадження, які досягли віку 15–30 років, а це критичний період у пожежному плані. Північний та східний регіони України, де щорічно буває в середньому відповідно 37 і 40 % усіх лісових пожеж, є найбільш пожежонебезпечними. У цілому по Україні в середньому на рік буває близько 3,5 тис. лісових пожеж, які знищують більше 5 тис. гектарів лісу**.**

За даними, тільки за перше півріччя 2018 року в лісах, підпорядкованих Держлісагентству, виникло та ліквідовано 632 пожежі на площі 934,5 га. У порівнянні з аналогічним періодом минулого року площа пожеж збільшилася на 80 %. Найбільшу кількість лісових пожеж зареєстровано у Херсонському (104 випадки), Дніпропетровському (90) обласних управліннях лісового та мисливського господарств (ОУЛМГ).

Найбільша площа пожеж – у Херсонському (704 га, з них лісова пожежа в Раденському та Олешківському лісництвах ДП «Олешківське ЛМГ», яка сталася 28 травня – 2 червня 2018 року на площі 592 га, у т.ч. верхової – 226 га), Луганському (87 га), Дніпропетровському (30 га), Запорізькому (23 га) та Чернігівському (22 га) ОУЛМГ. А 1 вересня 2018 року у Вовчанського району Харківської області відбулося загоряння двох осередків лісової підстилки на площі 12 га**.** До гасіння пожежі було залучено 140 людей, 31 одиниця техніки та пожежний потяг, а також – вертоліт Мі-8, літак АН-32П. Щоденні матеріальні втрати від пожеж становили суму близько 21,6 млн грн. Кожною пожежею державі наносились прямі збитки на суму 24,8 тис. грн. Саме тому, вибір ефективного засобу вогнезахисної речовини, котре забезпечувало б якісний вогневий захист лісових горючих матеріалів, є достатньо актуальним напрямком досліджень.

Так як низові пожежі складають близько 90 % всього числа лісових пожеж, тому проблемам тушіння лісових пожеж було присвячено велика кількість досліджень. Так, наприклад, авторами було запропоновано використання гелеутворюючих вогнезахисних складів (ГУС). ГУС виявляє достатньо високі вогнезахисні властивості, що забезпечує їм істотні переваги при пасивних методах гасіння низових лісових пожеж. Також авторами було встановлено, що за допомогою цих засобів можливе швидке створення протипожежного бар’єру, який зберігає свої вогнезахисні властивості протягом декількох діб. Однак, при наявності вказаних вище переваг, було встановлено, що при великій товщині лісової підстилки горіння може розповсюджуватися під шаром гелю.

Ефективну боротьбу з лісовими пожежами з використання гелеутворюючих та піноутворюючих складів, довели автори. Аналіз результатів даних досліджень показали високі вогнезахисні характеристики по відношенню до лісової підстілки.

В дослідженнях авторами були встановлені якісні закономірності впливу концентрацій речовин, які входять в склад ГУС, на їх вогнезахисні характеристики. В результаті проведених досліджень було зроблено висновок про ефективність та доцільність застосування ГУС $Na_2O{\cdot}2{,}7SiO_2$ (5 %) + $CaCl_2$ (35 %) при роздільно-послідовному нанесенні її компонентів. При подальших дослідженнях авторами було вивчено вплив концентрації компонентів ГУС маси гелеутворюючої композиції та часу сушіння шару, який оброблено гелем, на час займання лісової підстілки. Також було

встановлено взаємозв'язок між часом займання хвойної лісової підстілки та концентраціями компонентів, який показав, що найбільше значення часу займання досягається при максимальній концентрації $CaCl_2$ та мінімальній концентрації $Na_2O{\cdot}2{,}7$ SiO_2.

Авторами було проведено ряд експериментів, пов'язаних з впливом додаткового джерела вогню на підстилку, оброблену вищезгаданим досліджуваним складом . Для підтвердження отриманих даних був проведений лабораторний експеримент, в ході якого були вивчені вогнезахисні властивості ГУС ($CaCl_2$ (35 %)+$Na_2O{\cdot}2{,}7SiO_2$ (5 %)) при горіння самого лісового горючого матеріалу (ЛГМ), тобто без додаткового джерела вогню. Дослідження проводилися на спеціально створеній установці для вивчення ЛГМ при температурі – 18–20 ^oC, відносної вологості повітря – 45 %, атмосферному тиску – 645 мм рт. ст. Швидкість руху вітру при проведенні експерименту становила 1 м/с. Як свідчать експериментальні дані, при питомій витраті ГУС 0,7 (0,55) г/см^2 та 0,8 г/см^2 забезпечуються надійні вогнезахисні характеристики.

Отже, враховуючи отримані дані при проведенні дослідження в лабораторних умовах, виявляється значний інтерес до проведення дослідження вогнезахисних властивостей ГУС при горінні лісової хвойної підстілки в реальних умовах.

Також для досліджень були представлені не оброблені ділянки та ділянки, які оброблялись лише водою (без застосування ГУС). З урахуванням мінімальної витрати складу для створення вогнезахисної полоси та щоб уникнути впливу вторинної появи пожежі ширина загороджувальної смуги становила 0,2 м.

Підпал проводився з навітряного боку на відстані 20 см від загороджувальної смуги за допомогою деревного спирту, нанесеного на кромку підстилки. Після підпалу здійснювалася спостереження вогнезахисного дії обробленої ділянки. На рис. 2 представлено зовнішній вид підстилки під час та по закінченню експерименту.

Аналіз результатів експерименту дозволяє зробити наступні висновки: ділянка, що знаходилася на рівній місцевості хвойної підстилки, та була оброблена ГУС в кількості 0,4 г/ см^2 прогоріла повністю. Інші ділянки, котрі були оброблені ГУС в кількості 1; 0,7; 0,85; 0,55 г/ см^2 показали свої надійні вогнезахисні властивості. Проте, ділянки, що були під нахилом 30 °, і оброблені ГУС таким же самим чином, що і на рівній поверхні, показали дещо інший результат. Ті ділянки, що були оброблені ГУС в кількості 0,4 та 0,55 г/ см^2 прогоріли повністю, що свідчить про недостатні вогнезахисні властивості ГУС на ділянках, що розташовані на схилах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 120982 Україна, МПК (2006.01) A62C 3/02. Спосіб гасіння низових лісових пожеж за допомогою бінарних гелеутворюючих систем / Кірєєв О.О., Савельєв Д.І., Трегубов Д.Г., Онацька А.О.; Заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. № u 2017 05311, заяв. 30.05.2017, опубл. 27.11.2017, бюл. № 22.

УДК 378.1:355.58

СТАДІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Сенчихін Ю.М., *к.т.н., професор,*
Дендаренко Ю.Ю., *к.т.н., доцент,*
Парамонова К.О.
Національний університет цивільного захисту України

Упродовж 2024 року в Україні, за оперативними даними, зареєстровано 106 надзвичайних ситуацій (НС), які відповідно до Національного класифікатора «Класифікатор надзвичайних ситуацій» ДК019:2010 розподілилися на [1]:

НС техногенного характеру – 34;

НС природного характеру – 67;

соціальні НС – 5.

Внаслідок цих надзвичайних ситуацій загинули 148 осіб (з них 31 дитина) та постраждало 295 осіб (з них 132 дитини). Дані щодо загиблих та постраждалих в НС наведені без урахування кількості загиблих та травмованих унаслідок НС державного рівня воєнного характеру, пов'язаної і широкомасштабною збройною агресією рф проти України, зареєстрованої у лютому 2022 року та розвиток якої триває, дані з'ясовуються.

За масштабами НС, що виникли у 2024 році, розподілилися на:державного рівня – 1; регіонального рівня – 3; місцевого рівня – 66; об'єктового рівня –36.

Дані щодо наслідків НС у 2024 році наведені без урахування НС державного рівня воєнного характеру, яка зареєстрована 24 лютого 2022 року унаслідок широкомасштабної збройної агресії рф проти України, зокрема, за оперативною інформацією станом на 31 грудня 2024 року внаслідок цієї НС зареєстровано загибель 12 тис. 340 цивільних осіб (з них 667 дітей), 27 тис.836 цивільних поранені (з них 1 тис. 805 діти). Окупантами зруйновано та пошкоджено понад 227,9 тисяч об'єктів інфраструктури.

Якими б різними не були надзвичайні ситуації, у своєму розвитку всі вони проходять чотири характерні стадії: зародження, ініціювання, кульмінація і згасання.

Розглянемо зміст кожної зі стадій з прикладу техногенної НС.

На стадії зародження НС створюються передумови майбутньої надзвичайної ситуації: активізуються несприятливі природні процеси, накопичуються технологічні проблеми та проектно-виробничі дефекти, відбуваються збої у експлуатації устаткування, роботі інженерно-технічного персоналу тощо. До них також відносяться великі обсяги зберігання і переробки матеріалів (пожежонебезпечних, горючих, нестабільних, корозійних (їдких), високореактивних, токсичних, пилоподібних, інертних, отруйних та інших речовин) і екстремальні фізичні умови виробничого процесу (високі і низькі температури, високий тиск, вакуум, циклічні зміни температури і тиску,гідравлічні удари й ін.

Тривалість стадії зародження може бути визначена приблизно з використанням методології теорії надійності технічних систем, теорії ризику, теорії катастроф, теорії регулярної статистики відмов, теорії «локальних» аварій тощо.

На стадії ініціювання НС виникають технологічні порушення, пов'язані з виходом параметрів процесу (тиску, температури, концентрації, швидкості реакції, витрати речовини тощо) за критичні значення. Відбуваються спонтанні реакції, розгерметизація трубопроводів, резервуарів, можлива відмова прокладок, корозійне пошкодження стінок.

Можливе порушення роботи обладнання (насосів, клапанів, вимірювальних приладів, датчиків, блокувань). Виявляється несправність систем забезпечення (електричної, водопостачання, охолодження, теплообміну, вентиляції тощо). Не можна виключати зовнішні події, до яких слід віднести екстремальні погодні умови, стихійні

лиха, акти вандалізму, диверсії тощо. Найбільш суттєвим є людський фактор, оскільки понад 60 % аварій відбувається через помилки при проектуванні, у процесі будівництва та експлуатації, при технічному обслуговуванні.

На стадії кульмінації НС вивільняються великі кількості енергії і маси, причому навіть невелика подія, що ініціює, може привести до дії ланцюговий механізм аварій з багаторазовим збільшенням потужності і масштабів («ефект доміно») [2]. На цій стадії дуже важливо передбачити сценарій розвитку аварії, що дозволить вжити дієвих заходів захисту, уникнути людських жертв або зменшити їх кількість, а також скоротити збитки, що завдаються.

Стадія згасання НС триває від моменту усунення джерела небезпеки до повної ліквідації наслідків аварії, що може тривати роки і навіть десятиліття (наприклад, Чорнобильська катастрофа). За час війни рф проти України тенденція росту таких НС має тенденцію к збільшенню, що визначається ураженням бойовими засобами об’єктів критичної інфраструктури [3].

Знання причинно-наслідкового ланцюга формування НС у конкретних умовах зменшить ризик виникнення такої ситуації у майбутньому та, отже, підвищить безпеку у НС.

Забезпечення безпеки життєдіяльності у НС є комплексом організаційних, інженерно-технічних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя та здоров’я людини у всіх сферах її діяльності [4].

Основними напрямками у вирішенні завдань попередження, ліквідації і забезпечення безпеки життєдіяльності у НС є:прогнозування та оцінка можливих наслідків НС; планування заходів щодо запобігання чи зменшення ймовірності виникнення НС, а також масштабів їх наслідків; забезпечення, сталої роботи об’єктів народного господарства у НС; навчання персоналу та населення спеціальним діям у НС; ліквідація наслідків НС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації, які виникли в Україні у 2024 році.

2. Сенчихін Ю.М. Засоби захисту від дії каскадних пожеж на промислових підприємствах. Безпека життєдіяльності. Всеукраїнський науково-популярний журнал, 2006. № 3. С. 9–11. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/4492

3. Сенчихін Ю.М. Особливості реагування на надзвичайні ситуації на об’єктах цивільної інфраструктури під час війни. Міжнародна та національна безпека: теоретичні і прикладні аспекти: матеріали VIII Міжнар. наук.- практ. конф. Дніпро: Дніпроп. держ. ун-т внутр. справ, 2024. Ч. ІІ. С. 455–459. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/20053

4. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 1: посібник. За загальною редакцією В.Н. Пшеничного. К.: Основа, 2006. 240 с. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/4076

УДК 614.841

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Соботніцька О.О.,
Великий І.А.,
Томенко В.І., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Останнім часом суттєво зросла небезпека ракетних ударів по промисловим підприємствам, що здійснюються російськими військовими формуваннями. Такі атаки можуть призвести до вибухів та масштабних пожеж, особливо на об'єктах, де зберігаються або використовуються легкозаймисті матеріали. Наслідки таких ударів включають:

- руйнацію виробничої інфраструктури, що унеможливлює нормальне функціонування підприємств;
- викид токсичних і вибухонебезпечних речовин у навколишнє середовище;
- масштабні пожежі, що можуть поширитися на прилеглі об'єкти;
- загрозу життю та здоров'ю персоналу підприємств та населення прилеглих районів.

Особливо вразливими є вибухонебезпечні приміщення промислових підприємств, що належать до об'єктів підвищеного ризику, оскільки на них присутні легкозаймисті та вибухонебезпечні речовини, зокрема горючі гази, пари, пил або рідини. Ці речовини можуть вступати в реакцію з повітрям, утворюючи вибухонебезпечні суміші, що потребує застосування сучасних систем протипожежного захисту (СПЗ). Нормативна база для таких систем включає ДБН В.2.5-56:2014, ДСТУ CEN/TS 54-14:2021, ДСТУ EN 50136-1:2014, а також вимоги НАПБ А.01.001-2014, відповідно до яких СПЗ повинні бути справними і утримуватися в постійній готовності до виконання своїх функцій.

Так, автоматичні системи пожежної сигналізації (АСПС) у вибухонебезпечних приміщеннях комплектуються вибухозахищеними датчиками, які мають спеціальні корпуси, що запобігають утворенню іскор або перегріву. Ці пристрої реагують на незначні зміни концентрації горючих газів та температури, дозволяючи своєчасно виявити загрозу займання. Крім того, застосовуються газові аналізатори, які контролюють вміст небезпечних речовин у повітрі. Це особливо важливо, оскільки деякі легкозаймисті гази не мають запаху або видимих ознак присутності. Використання сучасних сенсорних технологій дозволяє підвищити рівень безпеки та запобігти критичним ситуаціям.

Системи автоматичного пожежогасіння для вибухонебезпечних приміщень обираються залежно від класу небезпеки речовин, які знаходяться у виробничому середовищі. Найбільш ефективними є газові системи пожежогасіння, що використовують інертні гази (азот, аргон) або вуглекислий газ (CO_2). Такі системи витісняють кисень із зони займання, швидко ліквідуючи пожежу без пошкодження обладнання. Альтернативними варіантами є аерозольні системи, які створюють середовище, непридатне для підтримання процесу горіння. Вони не завдають шкоди техніці та ефективно нейтралізують займання. Водяні системи можуть застосовуватися лише за умови використання спеціальних розпилювальних насадок низького тиску, які запобігають утворенню електричних замикань.

Також вентиляційні системи та системи димовидалення відіграють ключову роль у зниженні концентрації горючих парів та газів. Вони запобігають накопиченню вибухонебезпечних сумішей у замкнених просторах. У разі виникнення аварійної ситуації автоматичні клапани здійснюють примусове видалення небезпечних речовин. Всі кабельні

мережі та електротехнічне обладнання у вибухонебезпечних приміщеннях повинні відповідати стандартам вибухозахисту та мати вибухозахищене виконання.

Для мінімізації ризиків необхідно посилювати протипожежний захист, використовувати додаткові засоби гасіння пожеж, а також передбачати заходи швидкої евакуації персоналу. Впровадження автоматичних систем виявлення пошкоджень та віддаленого моніторингу стану промислових об'єктів може значно підвищити рівень безпеки та оперативність реагування на надзвичайні ситуації.

Крім технічних засобів, значну роль у протипожежному захисті відіграють організаційні заходи:

- регулярні технічні перевірки та обслуговування систем пожежної безпеки;
- навчання персоналу діям у надзвичайних ситуаціях;
- розробка та впровадження чітких алгоритмів евакуації;
- використання цифрових технологій для дистанційного моніторингу стану повітря та автоматичного контролю параметрів атмосфери.

Впровадження інноваційних технологій у сфері моніторингу та автоматизації дозволяє значно знизити ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій та забезпечити захист об'єктів підвищеного ризику.

Комплексний підхід, що поєднує технічні та організаційні заходи, дозволяє ефективно захистити вибухонебезпечні приміщення від можливих аварій та мінімізувати наслідки надзвичайних ситуацій.

Тому, сучасні системи протипожежного захисту відіграють критичну роль у забезпеченні безпеки вибухо- та пожежонебезпечних приміщень промислових підприємств. Їх ефективне функціонування базується на поєднанні високотехнологічних засобів виявлення займання, надійних методів автоматичного пожежогасіння та правильно організованих заходів пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».
2. ДСТУ CEN/TS 54-14:2021 «Системи пожежної сигналізації та оповіщування». Частина 14. Настанови щодо побудови, проєктування, монтування, пусконалагоджування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічного обслуговування.
3. ДСТУ EN 50136-1:2014 «Системи тривожної сигналізації. Системи передавання тривожних сповіщень та устаткування». Частина 1. Загальні вимоги до систем передавання тривожних сповіщень.
4. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

УДК 622.84

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ БПЛА-ДОСЛІДНИКА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Тарасов В.Ю., *д.т.н., професор,*
Крохмаль В.І.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Завдання отримання інформації про стан технологічного середовища і склад рудничної атмосфери в шахті за допомогою роботизованих засобів, таких як різного типу безпілотні апарати, в процесі моніторингу шахтних виробок після тривалого простою внаслідок бойових дій у небезпечному для присутності людини середовищі набуває особливої актуальності.

Існуюча обмеженість застосування безпілотних пристроїв у якості апаратів-дослідників підземних просторів у шахті пов'язана з розташуванням родовищ, їх геометрією та специфічними умовами в шахті (пил, температура, вологість), включаючи природні небезпеки (викиди газу, шахтні води, ймовірність обвалення).

На практиці безпілотні апарати для дистанційного зондування закритих просторів гірничих виробок у переважній більшості представлені UGV (англ. Unmanned Ground Vehicles) класом колісних, гусеничних або крокуючих наземних транспортних засобів. Такі робототехнічні машини можуть переміщатися складними поверхнями з подоланням різних перешкод. Тим не менш, великі перепади рельєфу, нестійкі ґрунти і глибокі водні перешкоди представляють серйозну проблему для їх переміщення.

Найбільш перспективним типом безпілотних апаратів для використання в гірничодобувній промисловості вважається клас UAV (англ. Unmanned Aerial Vehicles) - безпілотні літальні апарати (БПЛА).

Основними перевагами БПЛА є їх здатність не тільки переміщатися в досліджуємому просторі не зважаючи на рельєф поверхні, але й відносно швидко отримувати дані з високими роздільною здатністю та щільністю. Також зменшення витрат часу і трудомісткості робіт підвищує їхню безпеку, ефективність і точність при одночасному зниженні вартості.

У БПЛА також є і недоліки, такі як низька вантажопідйомність, низька енергетична ефективність, що створює обмеження на час польоту кількість та датчиків, які можна встановити на БПЛА.

Для роботи в умовах обмеженого простору найбільш прийнятним варіантом БПЛА є дрони, виконані за схемою «квадрокоптер». Такий апарат відрізняється відмінною маневреністю і можливістю пересування в широкому діапазоні швидкостей, маючи при цьому порівняно простоту систему керування.

Структура проєктованої системи моніторингу має на увазі наявність трьох рівнів. На першому або нижньому рівні виконується отримання первинної інформації з фото- та відеокамер і скануючих пристроїв, вимірювання параметрів і характеристик складу рудничної атмосфери з розташованих на апараті датчиків і сенсорів. На наступному, другому рівні, отримані на нижньому рівні дані, перетворюються обчислювальними засобами БПЛА до виду, необхідного для передачі на верхній рівень ієрархії. На третьому, верхньому рівні проводиться оперативна обробка, аналіз, інтерпретація та збереження отриманої каналами зв'язку інформації від БПЛА.

Система навігації для БПЛА ґрунтується на вирішенні трьох основних завдань:

– визначення та обхід різних перешкод на шляху руху;

– внесення необхідних змін у поточний маршрут у разі виникнення нештатної ситуації;

– забезпечення максимально точного руху по вузькій траєкторії над нерівною поверхнею.

Для БПЛА-інспектора доцільно використовувати локальний тип активної навігаційної системи, яка дозволить керувати рухом апарату по безпечній траєкторії в обмеженому просторі з позиціонуванням в умовах недоступності даних від зовнішніх джерел. Найперспективнішим існуючим методом реалізації задачі побудови активної локальної навігаційної системи для роботи у недослідженому просторі є метод SLAM (англ. Simultaneous Localization and Mapping - одночасна локалізація і картографування) навігації. Даний метод може використовуватися в непідготовленому і невідомому апарату-досліднику замкнутому просторі для створення карти і подальшого її використання на основі отриманих даних.

Системи технічного зору, засновані на використанні камер видимого та інфрачервоного діапазонів, тепловізорів, ультразвукових та лазерних далекомірів дозволять БПЛА переміщатися в обмеженому просторі гірничої виробки з можливістю виявлення потенційних небезпек, визначення орієнтирів та аналізу поточної ситуації. Застосування лазерного радару (англ. LiDAR) надасть змогу сформувати цифрову модель місцевості навколо апарату.

Для аналізу складу рудничної атмосфери в шахті, яка може складатися з вибухонебезпечних, токсичних та задушливих газів, найбільш перспективними для практичного застосування є інфрачервоні датчики для вимірювання метану та вуглекислого газу, електрохімічні - для кисню та чадного газу.

Обмін інформацією між БПЛА та центром керування реалізується на основі технології бездротового зв’язку та передачі даних, найбільшого поширення з яких набула технологія передачі даних Wi-Fi.

В світовій практиці вже існує досвід використання БПЛА для обстеження гірничих об’єктів з використанням спеціалізованих апаратів[1; 2; 3].Але, беручи до уваги унікальність і досить високу вартість спеціалізованих БПЛА, для попереднього моніторингу стану підземних виробок доцільно проєктувати системи на основі масово вироблюємих моделей БПЛА легкого та середнього класів, що мають значно нижчу вартість.

Розглянута концепція побудови безпілотних апаратів для цілей підземного моніторингу може слугувати базою для створення прототипу БПЛА-інспектора з певним ступенем автономності для виконання навігаційних та дослідницьких завдань, який буде вигідно відрізняється тим, що при високій функціональності матиме нижчу вартість порівняно зі спеціалізованими апаратами.

ЛІТЕРАТУРА

1. ELIOS 3. Digitizing the inaccessible. URL: https://www.flyability.com/elios-3

2. Квадрокоптер DJI Matrice 300 RTK. URL: https://vr-store.com.ua/kvadrokopter-dji-matrice-300-rtk?srsltid=AfmBOoou6oO6JTU6RunvNrLv9mmwTShG7LXRfQ-nmcpRprekXe04f8Sl

3. TILT Ranger Hybrid Land/Air Drone for Underground Mines. URL: https://dronebelow.com/2017/10/04/tilt-ranger-hybrid-landair-drone-underground-mines

УДК 355/359:623.3/.4

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ РОБОТО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ

Толкунов І.О.*[1]*, *к.т.н., доцент,*
Невлюдов І.Ш.*[2]*, *д.т.н., професор,*
Янушкевич Д.А.*[2]*, *к.т.н., с.н.с.,*
Гуца О.М.*[3]*, *к.т.н., доцент*
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*Харківській національний університет радіоелектроніки,*
[3]*Національний технічний університет «Харківській політехнічний інститут»*

В умовах стрімкого технологічного розвитку людства, воєнні конфлікти, які постійно супроводжували його існування та ставали справжнім випробуванням, завжди відбувалися із широким застосуванням протиборчими сторонами різноманітних боєприпасів, частина з яких за різних причин могла не спрацьовувати за штатним призначенням та призвести до масштабного забруднення територій небезпечними залишками війн – вибухонебезпечними предметами (ВНП). Найбільшу небезпеку серед них представляють протипіхотні міни, касетні, артилерійські, авіаційні боєприпаси та багато інших. Однією з проблем, з якою стикаються країни у всіх регіонах, де велись бойові дії, які були породжені міжнародними та міжнаціональними визвольними рухами (наприклад: Ірак, Сирія, Афганістан, Югославія, а на сьогоднішній день найболючішою територією є Україна), є проблема гуманітарного розмінування цих територій [1].

Для виконання цього завдання характерним є зростання уваги до проблем створення робото-технічних комплексів та систем військового, спеціального та подвійного призначення (РКСП) [2]. Це обумовлюється намаганням усіх передових країн світу до збереження людського життя, в контексті якого використання РКСП дозволяє досягти позитивних результатів. Ця тенденція пояснюється стрімким розвитком новітніх технологій в інформаційній сфері, тобто «роботизація» різноманітних напрямів діяльності людини, що відповідає змісту сучасних концепцій постіндустріального суспільства на базі концепції Industry 4.0, що на сьогоднішній день є актуальним завданням.

Провідними експертами з розробки та виробництва мобільних роботів дається визначення «інтелектуального робота», як такого, що має так звану модель зовнішнього світу чи внутрішнього середовища, яка дозволяє роботу діяти у невизначеному інформаційному середовищі. Таким чином, інтелектуальний робот – це робот, що включає інтелектуальну систему управління (ІСУ). ІСУ означає комп'ютерну систему для вирішення завдань, які людина не може вирішити в режимі реального часу, або їхнє рішення вимагає автоматизованої підтримки або дає результати, які можна порівняти з рішеннями людини. При цьому, серед іншого, мається на увазі, що для розв'язуваних завдань ІСУ не передбачає повноти знань, а сама ІСУ повинна мати можливість упорядковувати дані та експертизу з виділенням суттєвих параметрів, пристосовуватися до змін набору фактів і знань, тощо. Отже, незважаючи на безліч запропонованих критеріїв інтелекту, найсуворішою вимогою залишається те, що роль людини при взаємодії з ІСУ повинна зводитися лише до постановки завдання. Інтелектуальні системи є необхідним компонентом для вирішення завдань створення моделі світу, системи планування дій та керування цілями. База знань в ІСУ є однією з основних частин моделі світу та її трансформаційних функцій.

Приклад символічної моделі представлення процедурального знання в ІСУ зображено на рис. 1.

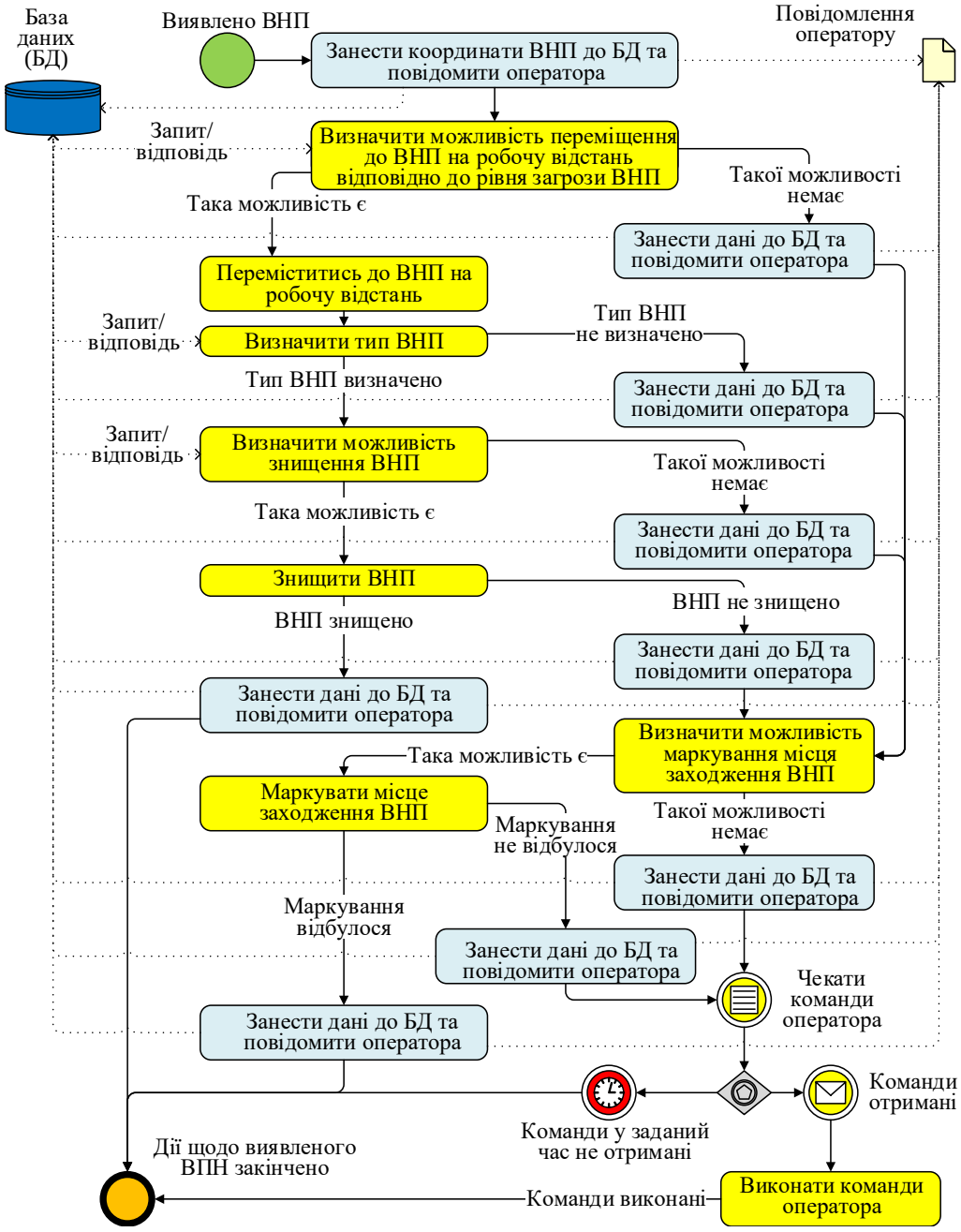


Рис. 1. Символічна модель представлення процедурального знання в ІСУ.

Колірна градація дій на схемі має наступне значення: блакитним кольором позначені базові дії, які не потребують подальшого роз'яснення; жовтим кольором позначені дії, що є підпроцесами, які у свою чергу містять набори дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про протимінну діяльність в Україні: Закон України від 06.2018 р. №2642-VIII. (Відомості Верховної Ради (ВВР). 2019. № 6. ст. 39).

2. Hutsa, O.M., Yelchaninov, D.B., Yanushkevych, D.A., Tolkunov, I.O., Ivanov, L.S., Petrova, R.V., Morozova, A.I. (2024). Conceptualization of intelligent control system for humanitarian demining robotic complexes based on verbal methods. Science and Innovation. 20. 3. 82–95.

УДК 614.84

ПОРІВНЯННЯ УКРАЇНСЬКОГО СПЕЦІАЛЬНОГО ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ З КАНАДСЬКИМ

Шевченко С.М., *к.т.н.,*
Луцик В.В.
Національний університет цивільного захисту України

Костюм спеціальний захисний пожежний (далі – КСЗП) – призначений для захисту пожежного – рятувальника під час гасіння пожеж, проведення аварійно-рятувальних робіт, а також виконання робіт в умовах надзвичайних ситуацій за наявності небезпечних речовин.

КСЗП – засіб індивідуального захисту, який повинен захищати від ризиків Категорії ІІІ відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2019 р. № 771 «Про затвердження Технічного регламенту засобів індивідуального захисту» [1].

Категорія ІІІ включає виключно ризики, що можуть привести до серйозних наслідків: спричинити смерть або незворотну шкоду здоров'ю користувача, що стосуються таких чинників:

– речовини та суміші, які є небезпечними для здоров'я;

– середовища з високою температурою, вплив яких порівнюється з середовищами із температурою повітря щонайменше 100 °С;

– поранення від ручних бензопил;

– струмені високого тиску;

– тощо [2].

Україна у виготовленні КСЗП спирається на вимоги вищеприведеного стандарту та КСЗП повинен пройти відповідні процедури оцінки відповідності із врахуванням категорії ризиків від яких засіб індивідуального захисту призначений захищати користувача; ДСТУ EN ISO 13688:2016 (EN ISO 13688:2013, IDT; ISO 13688:2013, IDT) «Одяг захисний. Загальні вимоги», ДСТУ EN ISO 11612:2018 «Одяг захисний. Одяг для захисту від тепла та полум'я. Мінімальні технічні вимоги» тощо. КСЗП в Європі та Україні виготовляється із чотирьох шарів матеріалів: термостійкого; водотривкого; теплоізоляційного; підкладкового. Для покращення експлуатаційних властивостей використовуються додаткові матеріали:

- зносостійкий матеріал для колінних накладок для запобігання дії бруду,рідин тощо на елементи одягу;
- матеріал для напульсників по низу рукавів;
- матеріал для перешкоджання потрапляння вологи на теплоізоляційний та підкладковий шари;
- сигнальні смуги;
- інша фурнітура (застібки блискавки, металеві кнопки, пів-кільця, «фастекс», текстильна стрічка «велькро» тощо).

Всі з'єднання матеріалів, що використовуються для виготовлення КЗСП, виконуються виключно нитками із арамідних волокон у кольорі виробу.

Український КСЗП виготовляється з таких матеріалів: матеріал термостійкого шару – тканина виготовлена з арамідних волокон, допускається додавання антистатичних волокон (не більше 3 %). Матеріал водотривкого шару пакету виготовляють шляхом нанесення на неткану основу з арамідних волокон мембранної плівки з політетрафторетилену.

Для прикладу Канадські стандарти захисного одягу для пожежників базуються на вимогах Національної асоціації протипожежного захисту (NFPA). Для виготовлення

КЗСП використовують стандарт NFPA 1971 «Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting». Він визначає мінімальні вимоги до захисного одягу та обладнання для пожежників, що працюють у середовищах з підвищеною температурою та прямим впливом полум'я.

У стандарті прописані випробування на стійкість до нагрівання, на вогнестійкість, на опір до розриву, на теплопередачу тощо.

Основні вимоги даного стандарту:

– одяг повинен забезпечувати захист від екстремальних температур та прямого впливу полум'я, запобігаючи опікам та іншим тепловим травмам;

– матеріали повинні бути стійкими до розривів, порізів та інших механічних пошкоджень, що можуть виникати під час рятувальних операцій;

– одяг має захищати від проникнення води та інших рідин, одночасно забезпечуючи відведення вологи від тіла для підтримання комфортного мікроклімату.

– наявність світловідбивних елементів для забезпечення високої видимості пожежника в умовах недостатнього освітлення або задимленості.

– конструкція одягу повинна забезпечувати свободу рухів, зручність носіння та мінімізувати втому під час тривалих операцій.

Застібки (куртка, штани) повинні бути сконструйовані таким чином, щоб забезпечити постійний захист від вологи та тепла. Одяг має бути виготовлений із вогнестійкої швейної нитки, температура плавлення якої більше 260 ºС.

КСЗП за їх стандартом складається з 3 шарів: зовнішній, вологозахисний і теплоізоляційний шар, кожен з яких виконує специфічну функцію для забезпечення максимального захисту та комфорту. Нижче наведено опис цих шарів. Зовнішній шар забезпечує первинний бар'єр проти полум'я, теплового випромінювання, механічних пошкоджень та впливу навколишнього середовища. Виготовляється з вогнестійких та міцних тканин, таких як Nomex або Kevlar, які стійкі до високих температур та механічних пошкоджень. Вологозахисний шар призначений для запобігання проникненню води, хімічних речовин та інших рідин до внутрішніх шарів одягу, одночасно дозволяючи відводити вологу та пари від тіла пожежника. Для виготовлення використовуються мембранні матеріали, такі як GORE-TEX, які поєднують водонепроникність з високою паропроникністю. Теплоізоляційний шар забезпечує захист від високих температур, зменшуючи теплове навантаження на пожежного – рятувальника та допомагає підтримувати комфортну температуру тіла [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ Костюм спеціальний захисний (одяг для пожежника захисний) «Тип 2». URL: https://dsns.gov.ua/upload/1/8/5/7/9/3/8/kostium-specialnii-zaxisnii-odiag-dlia-pozeznika-zaxisnii-tip-2-texnicni-vimogi-zatverdzeno-protokolom-vid-270.pdf (дата звернення: 24.02.2025).

2. Про затвердження Технічного регламенту засобів індивідуального захисту : Постанова Каб. Міністрів України від 21.08.2019 № 771 : станом на 28 серп. 2020 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771-2019-п#Text (дата звернення: 26.02.2025).

3. NFPA 1971:2018 Standard on protective ensembles for structural fire fighting and proximity fire fighting.

УДК 351.861

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВА СТАНЦІЇ СТРАХОВКИ

Щербина Р.Г.
Національний університет цивільного захисту України

Основним принципом створення станції страховки є рівномірний розподіл навантаження між точками закріплення [1]. У минулому в рятувальних операціях для цього часто застосовували метод, відомий як «компенсаційна петля» або «трикутник сил». Його суть полягала в тому, що спеціальна петля закріплювалася на декількох точках опори, а один із двох її шнурів скручувався. Це дозволяло рівномірно розподіляти навантаження між фіксуючими точками, забезпечуючи їхню стабільність. Додатковою перевагою такого методу було те, що скручування петлі запобігало критичному ослабленню конструкції у разі виходу з ладу однієї з точок закріплення. Завдяки цьому центральний карабін залишався у петлі й не вислизав з неї, що підвищувало безпеку верхолаза. У європейських країнах цей спосіб залишався основною технікою створення стендів майже аж до початку 2000-х років, оскільки вважався надзвичайно ефективним та надійним

Згодом розвиток страхувальних систем продовжився, і альпіністи та верхолази почали експериментувати з більш ефективними та швидкими методами встановлення станцій страховки. Уже в 2008 році альпіністи з Південного Тиролю представили нову техніку, яка дозволяла створювати страхувальні станції ще швидше і простіше, зберігаючи при цьому високу надійність. Ця методика, що отримала назву «Південно-Тірольська станція страховки», набула широкого поширення і сьогодні вважається одним із найбільш практичних рішень у сфері страхування альпіністів і верхолазів, яка застосовується при проведені висотно-рятувальних робіт [2].

Конструкція «Південно-тірольської станції» безпосередньо залежить від кількості точок закріплення, а також від того, який саме матеріал використовується для організації страховки — захищена петля чи відкритий репшнур. На рисунку 1 представлені різні варіанти її побудови, що дозволяють адаптувати систему до конкретних умов скельного рельєфу та особливостей використовуваного спорядження.



(а) (б) (в)

Рис. 1. Різні варіанти побудови південно-тірольської станції: а) петля, протягнута через дві фіксовані точки, з шістьма нитками в анкерному вузлі на центральній точці; б) анкерний вузол із лише чотирма нитками у центральній точці є достатньо

надійним; в) відкритий репшнур із *Dyneema* або *Kevlar*, протягнутий через чотири фіксовані точки. Вісім ниток в анкерному вузлі на центральній точці.

Крім конструкції вузла, значну роль відіграє матеріал, з якого виготовлена петля. Зокрема, гладкі петлі, зроблені з Dyneema, виявляють схильність до раннього ковзання в порівнянні з аналогами, виготовленими з поліаміду або репшнура з поліамідним плетінням. Це пояснюється властивостями Dyneema, зокрема її низьким коефіцієнтом тертя та підвищеною жорсткістю, що зменшує здатність вузла до самоблокування. Можливо зробити висновок, що кількість ниток в анкерному вузлі безпосередньо впливає на стійкість петлі до ковзання. Чим менше ниток у вузлі, тим швидше петля починає зміщуватися у разі виходу з ладу однієї з фіксованих точок. Це особливо важливо в умовах, коли надійність усієї системи залежить від міцності кріплення.

Таким чином, «Південно-тірольська станція страховки» пропонує гнучкий і надійний підхід до організації страховки, що дозволяє адаптувати її під різні альпіністські маршрути та умови при проведенні верхолазних робіт на висоті, забезпечуючи максимальну ефективність і безпеку під час виконання робіт.

У реальних умовах, особливо під час рятувальних операцій [3], падіння можуть створювати значні динамічні сили, які впливають на всю систему страховки. Важливим аспектом таких ситуацій є те, як анкерний вузол розподіляє навантаження між петлями та точками фіксації.

Випробування, що були проведені в умовах моделювання динамічних падінь, дозволили оцінити, наскільки рівномірно розподіляється навантаження та які потенційні ризики можуть виникнути. Особливу увагу було приділено можливості розриву петлі або її пошкодження через ковзання вузла та тертя.

Зокрема, у випадку виходу з ладу однієї з точок кріплення, система зазнає різкого і потужного навантаження, яке передається через вузол на центральний карабін. Важливо розуміти, що при використанні матеріалів, схильних до пошкоджень від температурного впливу, наприклад *Dyneema* або *Kevlar*, існує ризик їхнього плавлення чи деградації. Це може призвести до критичних наслідків, таких як повний вихід з ладу страхувальної системи.

Таким чином, результати досліджень показують, що вибір матеріалу та конструкції вузла має вирішальне значення для надійності системи в екстремальних ситуаціях. При моделюванні динамічних падінь стало очевидним, що використання поліаміду є більш безпечним у ситуаціях підвищеного тертя, тоді як *Dyneema* та *Kevlar* вимагають додаткових заходів безпеки для мінімізації ризику їхнього пошкодження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bergundsteigen. 119 (2022). URL:https://www.bergundsteigen.com/ausgabe/119/#

2. OSHA 146 05R 015. URL: https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3146.pdf

3. Белюченко Д.Ю., Максимов А.В., Стрілець В.М., Бурменко О.А. Порівняльна оцінка різних варіантів проведення висотно-рятувальних робіт. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2023. № 38. С. 80–95. DOI: 10.52363/2524-0226-2023-38-6

UDC 624.042

RESEARCH OF THE HIGH-INTENSITY DYNAMIC LOADS EFFECTS ON A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FRAME BUILDING

***Horb O.G.*[1],**
***Mytrofanov P.B.*[2],**
***Skliarenko S.O.*[1],**
***Holodnov O.I.*[1]**
[1]*State Non- Commercial Company "State University «Kyiv Aviation Institute»,*
[2]*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

Military actions and technological disasters lead to significant damage to infrastructure, including monolithic reinforced concrete frame buildings. Studying the effects of high-intensity dynamic loads is a key aspect for developing effective recovery strategies and enhancing the resilience of structures.

Dynamic loads caused by explosions, shock waves, and seismic impacts can significantly alter the load-bearing capacity of building structures. They cause both local damage (cracks, concrete spalling, reinforcement failure) and global structural failures. Our research examines the main mechanisms of reinforced concrete frame destruction under the influence of dynamic factors and possible methods of their restoration.



Fig. 1. Facade of the building that has undergone partial damage.

The aim of the research is to analyze the effects of high-intensity dynamic loads on monolithic reinforced concrete frame buildings and develop approaches for their restoration.

The main tasks include: determining the nature of damage to monolithic reinforced concrete frames under dynamic loads, analyzing modern methods for damage assessment and restoration, studying the physic-mechanical properties of materials under critical conditions, and identifying optimal design solutions to enhance the resilience of buildings to dynamic loads.

The study of the behavior of reinforced concrete structures under dynamic loads is the subject of numerous scientific investigations. The primary mechanisms of destruction include crack formation, spalling of the concrete cover, and loss of load-bearing capacity due to reinforcement overload. Research shows that modern calculation methods allow for predicting the behavior of structures under complex conditions and determining optimal methods for their strengthening. Contemporary research focuses on the use of numerical modeling methods to assess the behavior of reinforced concrete structures under various types of dynamic loads. Special attention is given to experimental testing using scaled physical models, which provides accurate data on the nature of destruction and the effectiveness of reinforcement methods.

The main types of dynamic loads are explosive, impact, and seismic influences. Each of them has its own characteristics: explosive loads cause an immediate increase in pressure, leading to both local and global destruction; impact loads cause damage through mechanical influence; while seismic effects create a cumulative impact that can lead to progressive destruction.

Columns, beams, and floor slabs experience various types of damage, depending on the level and direction of the applied loads. The most vulnerable areas are the joints of structural elements, which can lead to progressive collapse.

The use of numerical methods, such as the finite element method, allows for predicting the behavior of structures under real conditions and optimizing their design [1-3].

Additionally, advanced computer modeling methods allow for considering material nonlinearity, plasticity, and the interaction between different structural elements, significantly improving the accuracy of predictions regarding the stability of buildings.

It should be noted that the impact of high-intensity dynamic loads on monolithic reinforced concrete frame buildings can lead to significant damage, requiring detailed analysis and the development of effective restoration methods. Modern diagnostic and strengthening methods allow for greatly improving the resilience of structures to dynamic loads. The use of innovative materials and design methods [4, 5] will help create more reliable and durable buildings capable of withstanding extreme influences.

Further research in this area should focus on developing new reinforcement technologies and improving numerical modeling methods for predicting the behavior of structures under complex conditions.

REFERENCES

1. Horb, O., Davidenko, Y., Skurupiy, O., Mytrofanov, P. (2020). Application of Bonding Concrete to Reinforcement Using Adhesives in Steel Concrete Composite Structure. Proceedings of the 2020session of the 13th fib International PhD Symposium in Civil Engineering (Paris, France, August 26-28, 2020). 2–9.

2. Lapenko, O., Baranetska, D., Makarov, V., Baranetskyi, A. (2020). Designing of Structural Construction and Orthotropic Slabs from Steel Reinforced Concrete. MSF 1006. 173–178. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.173

3. Makhinko, A., Makhinko, N. (2020). To the Calculation of the Optimal Level of Reliability by Using Economic Indicators. Lecture Notes in Civil Engineering. 47. 251–259. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_32

4. Mytrofanov, P., Pents, V., Kariuk, A., Mahas, N., Horb, O. (2023). Structures of reinforced concrete racks of manufacture buildings frames with adhesive joints of concrete and steel. AIP Conference Proceedings. 2684. 030029. URL: https://doi.org/10.1063/5.0120191

5. Makhinko, A., Makhinko, N., Vorontsov, O. (2022). Analytical Procedure for Design of Centrally Compressed Bars. Lecture Notes in Civil Engineering. 181. 255–262. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_24

UDK 544.52+549.514.6+546.26

OPTIMIZATION OF THE ADSORPTION PROCESS OF ACID RED 88 AZO DYE BY ACTIVATION OF GRANULAR ACTIVATED CARBON WITH GLASS CHIPS

Tarasov V.Yu*[1]*., *Dr. Sc. (Tech.), Professor,*
Melnyk I.V.*[2]*, *PhD, Senior Researcher*
[1]*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,*
[2]*Institute of Geotechnics SAS, Kosice, Slovakia*

The state of the environment in the most industrialized regions of Ukraine and Europe underscores the necessity of implementing measures to enhance ecological conditions. Facilitating the transition to a resource-efficient circular economy further emphasizes the urgent need to mitigate the environmentally destructive impact of human activities - one of the most significant challenges today [1].

Given the high concentration and stability of industrial wastewater, conventional physical, chemical, or biological treatment methods are inadequate for effectively removing substantial pollutant loads. Consequently, developing specialized methods is essential for efficiently eliminating these pollutants from wastewater systems. Synthetic dyes – which contain aromatic rings and exhibit carcinogenic and mutagenic properties – are non-biodegradable and persist when discharged into waste streams. Concurrently, the global home textile market, the primary consumer of dyes, was valued at $110 billion in 2016, increasing to $127,758 billion in 2020 and $132,358 billion in 2021. Projections indicate that it will grow to $146,606 billion in 2024 and $151,825 billion in 2025, with an average annual growth rate of 3,51 % from 2020 to 2025 and a corresponding increase in waste generation expected [2].

Utilizing composites for treating contaminated wastewater by employing a dual adsorption and photocatalytic mechanism presents a highly promising and sustainable approach. Among various composite materials, those based on activated carbon and titanium dioxide offer several advantages, including a porous structure, high removal efficiency, and cost-effectiveness [3].

To determine the optimal parameters for cleaning contaminated wastewater using activated carbon and to assess its effectiveness in removing dyes from aqueous solutions, a study was conducted under varying experimental conditions. These conditions included the initial dye concentration, contact time, and the processes related to the emergence and relaxation of stress fields due to localized mechanical influence on the surface [4].

In this study, granular activated carbon from ITES Vranov, s.r.o., Slovakia was used. The physicochemical properties of the initial granular activated carbon were determined [5]: a surface area (S_{BET}) of 1010 m^2/g, a total pore volume (V_{tot}) of 0,611 cm^3/g, and a micropore volume (V_{micro}) of 0,363 cm^3/g. Analysis of the sample's surface morphology revealed that its outer part is rough, containing numerous cavities that increase the surface area. The smoother regions, however, display a pattern resembling a series of parallel lines. The pore size distribution is very narrow, with a predominant pore diameter of about 4 nm.

Elemental analysis of the activated carbon revealed that it comprises 81,7 % carbon, 0,9 % hydrogen, 0,7 % sulfur, 0,6 % nitrogen, and 16,1 % oxygen [5]. Titration data indicates that the carbon contains both basic (0,61 mmol/g) and acidic groups (0,3 mmol/g). However, it is not an effective adsorbent for metal ions [6].

In order to study the adsorption properties of granulated activated carbon for organic dyes, the azo dye Acid Red 88 (Glentham Life Science, UK) was selected. Adsorption was carried out in a dynamic mode with simultaneous activation using inert glass chips with particle sizes ranging from 0,4 to 2 mm. All adsorption experiments were performed at room temperature. The effects of dye concentration and contact time on adsorption capacity were

examined. For this purpose, 90 mL of a model Acid Red 88 solution was mixed with a fixed dose of adsorbent (1 g) for 3 hours. The resulting solutions were filtered through ashless filter paper, and the concentrations of the adsorbate in the initial and residual solutions were determined using a UV-Vis spectrophotometer (Helios Gamma, Thermo Electron Corporation, Great Britain) at λ_{max}=504,5 nm. The amount of adsorbed substance was found to be 1,1 mg/g.

When glass chips (activator) were added to the system and the mixture was stirred mechanically at 600 rpm for 1 hour, 75 % of the initial adsorbent was destroyed. As a result, the amount of adsorbed substance increased to 2,8 mg/g, with 95 % of the adsorption occurring within the first 10 minutes of the experiment.

These studies demonstrated that the proposed activation of the adsorbent (granulated activated carbon) enhances its sorption capacity for Acid Red 88 by 2.5 times, with the highest adsorption rate observed between 10 and 20 minutes from the start of the mechanical activation.

This work was supported by the National Scholarship Programme of the Slovak Republic (ID 54479) within the project “Multifunctional sustainable adsorbents and photocatalysts for industrial water treatment”.

REFERENCES

1. Environmental Assessment and Recovery Priorities for Eastern Ukraine. Kyiv: VAITE, 2017. 88. ISBN 978-966-2310-87-0. URL: https://www.osce.org/files/f/documents/4/3/362566_0.pdf

2. The global home textiles market. URL: http://hefeitex.com/news/the-global-home-textiles-market/ (date: 27.02.2025).

3.Bodnar Yankovych, H., Abreu-Jaureguí, C., Farrando-Perez ,J., Melnyk, I., Václavíková, M., Silvestre-Albero, J. (2024). Advanced Removal of Dyes with Tuning Carbon/TiO_2 Composite Properties. Nanomaterials. 14(3). 309. URL: https://doi.org/10.3390/nano14030309

4. Amrute, A.P., De Bellis, J., Felderhoff, M., Schüth, F. (2021). Mechanochemical synthesis of catalytic materials. Chemistry–A European Journal. 27(23). 6819–6847.

5. Yankovych, H., Melnyk, I., Václavíková, M. (2021). Understanding of mechanisms of organohalogens removal onto mesoporous granular activated carbon with acid-base properties. Microporous and Mesoporous Materials. 317. 110974. URL: https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.110974

6. Yankovych, H., Novoseltseva, V., Kovalenko, O., Melnyk, I.V., Václavíková, M. (2020). Determination of Surface Groups of Activated Carbons from Different Sources and Their Application for Heavy Metals Treatment. In: Petkov, P., Achour, M., Popov, C. (eds) Nanoscience and Nanotechnology in Security and Protection against CBRN Threats. NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics. Springer, Dordrecht. URL: https://doi.org/10.1007/978-94-024-2018-0_34

СЕКЦІЯ 4
ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ

УДК 661.183.2

СИНТЕЗ, СТРУКТУРА І АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ СУБМІКРОННОГО ПОРОШКУ ЗАЛІЗА

***Бордун І.М.*[1,2]**, *д.т.н., доцент,*
***Мальований М.С.*[2]**, *д.т.н., професор,*
***Борисюк А.К.*[2]**,
***Нагурський Н.О.*[2]**
Ченстоховський політехнічний університет (Польща),
[2]Національний університет «Львівська політехніка»

Господарська діяльність людини не лише сприяє технічному прогресу, але і неминуче призводить до виникнення проблеми забруднення довкілля. Серед ключових забруднювачів можна виділити важкі метали, барвники та органічні сполуки. Розвиток технологій очистки навколишнього середовища вимагає створення нових сорбентів та сорбційних процесів. Використання сорбентів з магнітними властивостями значно полегшує завдання виділення, поділу та концентрування різних речовин та мікробіологічних об'єктів [1]. Застосування композитів, модифікування та функціоналізація поверхні сорбентів дозволяє експлуатувати їх у різних умовах, а також керувати їх вибірковістю. Проте традиційні методи синтезу магніточутливих вуглецевих композитів не дозволяють отримати матеріали з великими значеннями питомої намагніченості. Тому метою роботи було синтезувати сильномагнітний вуглецевий композит на основі субмікронного залізного порошку і гідролізного лігніну та дослідити його властивості.

Для синтезу використано порошкове залізо прямого відновлення. Синтез зразка, який далі позначатимемо МК1, було здійснено у співвідношенні лігнін: порошок заліза = 60 мас.% : 40 мас.%. Суміш було перетерто у фарфоровій чашці, а потім поміщено у тигель печі для піролізу. Піроліз проведено у інертній атмосфері за температури 800 °С, тривалість процесу становила 90 хв. Швидкість нагріву була 10 град/хв. Синтез зразка МК2 було здійснено за тією самою схемою, що і зразка МК1. Проте, щоб зменшити адгезію частинок порошку заліза між собою і як додаткове джерело вуглецевої складової, до цього порошку було додано 15 мас.% олеїнової кислоти відносно маси заліза. Порошок заліза з олеїновою кислотою і лігніном перемішували з додавання етанолу, потім суміш висушено у сушильній шафі за температури 100 °С. Після цього сировину піролізували при тих самих умовах, що і зразок МК1.

Для дослідження макроструктури синтезованих зразків використано скануючий електронний мікроскоп Phenom ProX. Рентгенівські дифрактограми отримано з використанням дифрактометра ДРОН-3 з Cu Kα-випромінюванням. Визначення магнітних параметрів зразків здійснено за допомогою вібраційного магнітометра. Параметри пористої структури визначено за методикою ізотермічної адсорбції/десорбції азоту за допомогою порометра NOVATouch LX2. Дослідження адсорбційних властивостей проведено на модельних барвниках метиленовий синій (МС) і конго червоний (КЧ). Зміну концентрації барвників у водному розчині визначено за спектрофотометричною методикою з використанням однопроменевого спектрофотометра СФ-46.

Рентгенівські дифрактограми обох зразків містять як аморфне гало, що відповідає вуглецевій складовій, так і піки, які відповідають кристалічним фазам. Встановлено, що об'ємний вміст α-Fe в обох зразках приблизно однаковий і становить біля 85 % від об'єму усіх кристалічних фаз. Інші залізовмісні фази мають вміст порядку 1,5–2 % кожна. У зразку МК1 додатково ідентифіковано фазу кристалогідрату γ-$Fe_2O_3 \cdot H_2O$, вміст якого становить 2,1 %.

Ізотерми адсорбції/десорбції азоту для зразків МК1 і МК2 відповідають 2 типові ізотерм адсорбції, а також мають характерний гістерезис у області великих значень відносних тисків. Ці петлі гістерезису відповідають типу Н4. Оцінено питому площу поверхні за методом БЕТ і сумарний об'єм пор. Для зразка МК1 питома площа поверхні становить 168,7 $м^2/г$, а для зразка МК2 – 185,1 $м^2/г$. Питомий об'єм виявився однаковим і становив 0,2 $см^3/г$. Отже, зразок МК2 має менше середнє значення розміру пор.

Досліджено магнітні властивості синтезованих композитів на основі кривих гістерезису, які виміряно у магнітних полях із напруженістю від -300 кА/м до 300 кА/м. Встановлено, що обидва зразки мають практично ідентичні параметри. Коерцитивна сила обох зразків становить 2 кА/м, а залишкова питома намагніченість 107 $А \cdot м^2/кг$, що становить 90 % від намагніченості вихідного субмікронного порошку заліза.

Адсорбовану з водного розчину кількість барвника розраховано за різницею його концентрацій до і після контакту із синтезованими композитами. На основі отриманих величин адсорбції було побудовано ізотерми адсорбції. Встановлено, що вони належать до типу L ізотерм адсорбції. Такі ізотерми вказують, що зв'язок молекул барвників з поверхнею композиту відбувається в основному за рахунок електростатичної ван-дер-ваальсівської взаємодії. Для аналізу усіх ізотерм адсорбції використано моделі Ленгмюра, Фрейндліха і Дубініна-Радушкевича. Встановлено, що гранична кількість поглинутого барвника МС, розрахована за моделлю Ленгмюра, для зразка МК2 є більшою, ніж у зразка МК1 у 1,5 рази. Проте гранична кількість поглинутого барвника КЧ для зразка МК2 є вже у 4 рази більшою за цей показник для МК1. Параметр рівноваги R_L, також розрахований з моделі Ленгмюра для обох барвників для МК1 і МК2, є меншим за 1. Це вказує на сприятливий тип адсорбції обома синтезованими композитами. Для попередньо досліджених нами композитів з органічної сировини [2] для усіх синтезованих зразків гранична кількість поглинутого барвника суттєво зменшується при переході від МС до КЧ. Проте, у нашому випадку маємо співмірні значення поглинання МС і КЧ для зразка МК2. Це означає, що додавання олеїнової кислоти при підготовці зразків до синтезу не лише усуває злипання частинок порошку заліза, але і дозволяє змінити склад функціональних груп на поверхні вуглецевої складової композиту.

Таким чином, проведені дослідження показали, що додавання олеїнової кислоти при синтезі вуглецево-залізних композитів сприяє функціоналізації поверхні композиту і суттєво покращує його сорбційні властивості по відношенню до кислотних барвників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhao, Q., Xu, T., Song, X., Nie, S., Choi, S-E., Si, C. (2021). Preparation and Application in Water Treatment of Magnetic Biochar. Front. Bioeng. Biotechnol. 9. 769667.

2. Бордун І.М., Мальований М.С., Борисюк А.К., Нагурський Н.О. Структура і адсорбційні властивості магніточутливих вуглецевих матеріалів, синтезованих із соломи пшениці. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми надзвичайних ситуацій» (Харків, 16 травня 2024 р.). Харків: НУЦЗ України, 2024. С. 218–219.

УДК 621.78

ВПЛИВ ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕЙ ПРИ ДФДЗ

***Волков О.О.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Субботіна В.В.*[1]**, *д.т.н., професор,*
***Краєвська Ж.В.*[1]**,
***Васильченко О.В.*[2]**, *к.т.н., доцент*
[1]*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України*

Аналіз ролі вмісту вуглецю в сталях при додатковому фрикційно-деформаційному зміцнені (ДФДЗ) є важливим та актуальним. Для вивчення цього питання були обрані такі марки сталей, як сталь 20, 45, У7, У12, що охоплюють широкий діапазон за вмістом вуглецю, який використовується для виготовлення деталей машин та інструменту. Сталі досліджували у попередньому стані після повного гартування та низькотемпературного відпускання при температурі 180 °С.

Додаткове фрикційно-деформаційне зміцнення даних сталей проводилося за режимом S=30 мм/с; t=0,7 мм, який показав найбільшу ефективність при обробленні сталі 65Г за різними режимами, під час досліджень, що проводили раніше [1] і забезпечив отримання найбільших значень мікротвердості та глибини зміцнення, у зв'язку з чим визнаний, як оптимальний режим, в тому числі для даних умов ДФДЗ. Актуальність дослідження даного питання викликана необхідністю визначення найбільш оптимального вмісту вуглецю в сталі з точки зору ефективності її додаткового фрикційно-деформаційного зміцнення.

Так, аналіз мікроструктур та даних з мікротвердості після ДФДЗ показав наявність змін в поверхневому шарі даних сталей, тобто у всіх розглянутих сталях виявлено структуру «білих поверхневих зміцнених шарів (рис. 1).

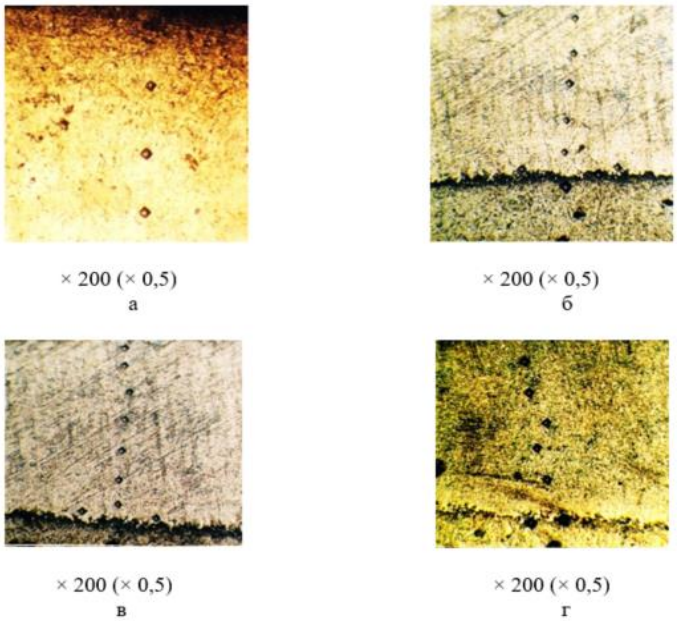


Рис. 1. Вплив ДФДЗ на структуру вуглецевих сталей з різним вмістом вуглецю після попереднього гартування. Режим ДФДЗ: S = 30 мм/с; t = 0,7 мм: а – сталь 20; б – сталь 45; в – сталь У7; г – сталь У12.

Аналіз результатів дослідження структури і мікротвердості сталей 20, 45, У7, У12, свідчать про те, що поверхневий зміцнений шар сталей має структуру мартенситу, який зазнав деформації, та більш високий рівень мікротвердості. Результати досліджень мікротвердості та глибини зміцненого шару сталей після ДФДЗ представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Вплив ДФДЗ на властивості сталей

Марка сталей		Схема оброблення	Глибина зміцнення, мкм	Твердість зміцненого шару, МПа	Твердість основного металу, МПа	Ступінь додаткового зміцнення
ЖОРСТКИЙ РЕЖИМ S=30 мм/с, t=0,7 мм						
Матеріал дослідних зразків	20	Гартування + низькотемпературне відпускання + ДФДЗ	200	9000	3500	2,57
	45		370	12500	5000	2,5
	У7		550	16000	6000	2,66
	У12		450	11500	6800	1,69

Найбільш результативною з точки зору мікротвердості та глибині «білого» шару є сталь У7. Такий результат можна пояснити кращою схильністю до гартування у стандартних умовах, тобто достатньо високий вміст вуглецю в цих сталях забезпечує інтенсивне зміцнення поверхневих шарів. Подальше підвищення вмісту вуглецю, як наприклад в сталі У12, призводить до зниження температури закінчення мартенситних перетворень (нижче 0 °С), внаслідок чого можлива поява значної кількості структури залишкового аустеніту [2]. Цей факт негативно впливає на характеристики міцності сталей з високою концентрацією вуглецю. В той же час суттєво нижчий рівень твердості поверхні сталі 20 після ДФДЗ, можна пояснити недостатньою кількістю вуглецю на рівні ~0,2 %, яка не дозволяє отримати велику твердість.

Тож, дане дослідження показало, що серед умов для додаткового зміцнення є оптимальний вміст вуглецю, який за результатами даних досліджень складає 0,65–0,8 %. Такий вміст дозволяє максимально повно відбутися мартенситному перетворенню при охолодженні від температури нагрівання при гартуванні. Збільшення вмісту вуглецю вище 0,8 % провокує появу в структурі сталі при гартуванні аустеніта залишкового, який знижує загальний рівень твердості матеріалу, хоча і має певний потенціал для наклепування при подальшому деформуванні. Тому в табл.1 показано зниження ефективності додаткового зміцнення на прикладі сталі У12.

ЛІТЕРАТУРА

1. Volkov, O.A. (2016). Study of heat deformation influence in surface strain hard- ening of steel by thermofriction processing. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2. 5(80). 38–44.

2. Дяченко С.С., Дощечкіна І.В., Мовлян А.О., Плешаков Е.І. Матеріалознавство: підручник. Харків: ХНАДУ, 2007. 440 с.

УДК 614.84

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОКРИВІВ РЕАКТИВНОГО ТИПУ

Григоренко О.М., *к.т.н., доцент,*
Саєнко Н.В., *к.т.н., доцент,*
Липовий В.О., *к.т.н., доцент,*
Афанасенко К.А., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Сталеві конструкції є невід'ємною частиною промислових об'єктів та інфраструктурних споруд. Як і будь-які інші конструкційні компоненти сталеві конструкції є чутливими до втрати несучої здатності у разі виникнення пожежі. Пасивний вогнезахист, зокрема реактивні вогнезахисні покриви (РВП), що не обтяжує будівельні конструкції та може застосовуватися для конструкцій складної конфігурації, є стратегічним рішенням для захисту сталі в сучасному цивільному та промисловому будівництві. Метою вогнезахисту є ізоляція сталевих конструкцій в умовах впливу руйнівної дії пожежі для запобігання досягнення критичних температур [1].

В Європейському союзі для класифікації вогнезахисної ефективності інтумесцентних покриттів для несучих металевих конструкцій використовують EN 13381-8:2013, IDT «Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members. Applied reactive protection to steel members», що відповідає державному стандарту України DSTU EN 13381-8:2022 «Методи випробування для визначення впливу на вогнестійкість елементів конструкцій. Частина 8. Реактивні вогнезахисні матеріали для сталевих конструкцій». Цей нормативний документ регулює і залежність мінімальної товщини вогнезахисного матеріалу від коефіцієнта перерізу сталевого профілю та нормованої межі вогнестійкості для несучої сталевої конструкції. Сутність методу полягає у нагріванні набору зразків у стандартному температурному режимі з подальшим оцінюванням даних випробувань за допомогою методів математичного аналізу для отримання характеристик вогнезахисної здатності покривів. Метод дозволяє оцінити вогнезахисну ефективність вогнезахисних покривів в умовах стандартного температурного режиму пожежі. Під час випробувань металеві зразки встановлюють в вогневу піч та за допомогою термопар, розташованих у визначених місцях, знімають показники температури зразків для різної тривалості вогневого впливу без навантаження. За результатами випробувань визначають залежності між температурою, яка впливає на досліджуваний зразок, товщину шару вогнезахисного матеріалу та граничну температуру конструктивного матеріалу, на який нанесено вогнезахисний засіб.

Метою роботи є оптимізація методу оцінки вогнезахисної ефективності покривів реактивного типу для використання під час розробки та дослідженні нових рецептур вогнезахисних складів та оцінка можливості використання спрощених методів оцінки вогнезахисної ефективності вогнезахисних покривів у процесі їх розробки. При цьому як критерій ефективності запропоновано використання порівняння часу досягнення критичної температури (500 °С) на зовнішній стороні металевих пластин, що захищені вогнезахисними покривами.

За модельну систему для апробації оптимізованого методу було обрано зразки вогнезахисних покривів на основі полімерних плівкоутворювачів з різним компонентним складом вогнепригничуючих добавок, отриманих у результаті попередніх розробок на основі [2]:

– епоксидного олігомеру, наповненого поліфосфатом амонію як джерело неорганічної кислоти, гідроксидом алюмінію в якості газоутворювача та інтеркальованого

графіту як додаткове джерело вуглецю (ЕД-1);

– епоксидного олігомеру наповненого монофосфатом амонію як джерело неорганічної кислоти та інтеркальованим графітом (ЕД-2);

– стирол-акрилової дисперсії, наповненої поліфосфатом амонію та пентаєритритом як джерело вуглецю (САД).

Залежність зміни температури всередині дослідної установки (ВЗУ), на зовнішній стороні металевої пластини (ЗМП) та на зовнішній стороні металевої пластини з дослідними вогнезахисними покриттями представлено на рис. 1.

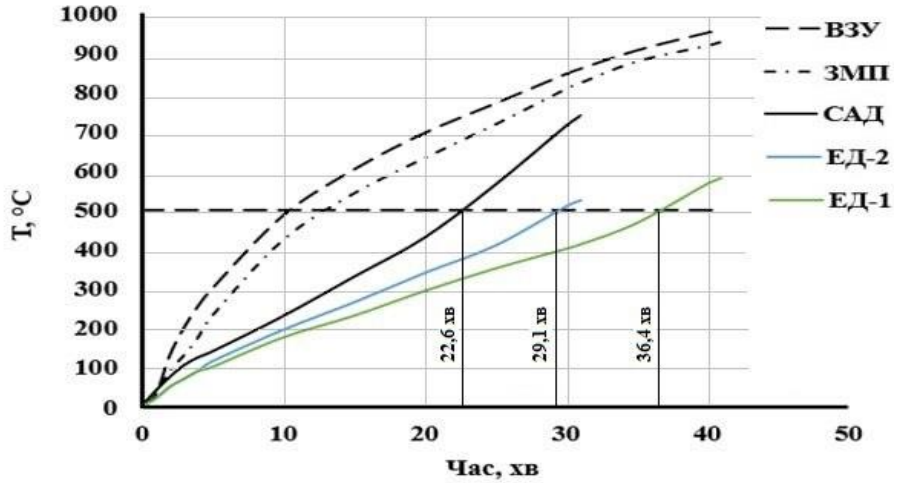


Рис. 1. Залежність зміни температури всередині дослідної установки (ВЗУ), на зовнішній стороні металевої пластини (ЗМП), а також на зовнішній стороні металевої пластини, захищеної вогнезахисними покривами: САД, ЕД-1 та ЕД-2.

Використання оптимізованого методу оцінки вогнезахисної ефективності покривів реактивного типу дозволяє істотно скоротити час на підготовку зразків при плануванні та проведенні експерименту. Використання як критерію ефективності часу прогрівання до критичної температури (500 °С) на зовнішній стороні металевої пластини, що захищена вогнезахисними покривами, суттєво спрощує експеримент та скорочує час на обробку його результатів. Використання електричної печі із температурним режимом, відмінним від стандартного режиму пожежі, по-перше, дає змогу оцінити ефективність вогнезахисту в умовах повільного розвитку пожежі, а, по-друге, – значно спрощує умови експерименту, що надзвичайно важливо під час досліджень спрямованих на розробку та дослідження нових рецептур вогнезахисних покривів реактивного типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вахітов Р.А., Калафат К.В., Таран Н.А., Раєнко Г.Ф., Шологон В.І., Вахітова Л.М. Дослідження вогнестійкості покриття реактивного типу в умовах вуглеводневої пожежі. Науковий вісник ДонНТУ, 2024. №1 (12). С. 59–68.

2. Григоренко О.М., Саєнко Н.В., Золкіна Є.С., Липовий В.О. Оптимізація методу оцінки ефективності реактивних вогнезахисних покриттів. Problems of Emergency Situations, 2024. № 1(39). С. 124–134.

УДК 66.03

ПРОГНОЗУВАННЯ ДИСПЕРСІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ ДИСПЕРСІЙНО-НАПОВНЕНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТАХ

***Данченко Ю.М.*[1]**, *д.т.н., професор,*
***Андронов В.А.*[1]**, *д.т.н., професор,*
***Карєв А.І.*[2]**, *к.т.н.*
[1]*Національна академія національної гвардії України,*
[2]*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Поверхневі енергетичні характеристики є відображенням і наслідком внутрішніх хімічних і фізико-хімічних процесів, які протікають в процесі формування будь-яких, в тому числі полімерних композитів. При формуванні енергетичних характеристик поверхні наповнених полімерних композитів велику роль відіграють не тільки хімічні та фізико-хімічні процеси утворення полімеру, а й взаємодії на межі поділу фаз «полімер – наповнювач» (міжфазні взаємодії). Енергетичний стан твердої поверхні характеризується величиною вільної поверхневої енергії (ВПЕ), яка може бути критерієм оцінки багатьох захисних та експлуатаційних властивостей полімерних композитів. Величина ВПЕ включає дисперсійну та кислотно-лужну складові, які відображають природу взаємодій при формуванні твердого тіла, в тому числі і полімерних композитів. Тому можливість прогнозування величин складових ВПЕ наповнених полімерних композитів є важливою теоретичною та практичною задачею. В задачу цього дослідження входить прогнозування дисперсійної складової ВПЕ наповнених дисперсними наповнювачами полімерних композитів.

Вільна поверхнева енергія (ВПЕ) твердої поверхні характеризується некомпенсованою поверхневою енергією на межі поділу фаз «тверде тіло – газ». У відповідності до теорії Фоукса ВПЕ (γ_s) будь-якої твердої поверхні виражається сумою складових, кожна з яких відображає природу взаємодій у твердому тілі:

$$\gamma_s = \gamma^d_s + \gamma^p_s + \gamma^h_s + \gamma^i_s + \gamma^{ab}_s + \gamma^o_s, \qquad (1)$$

де γ^d_s, γ^p_s , γ^h_s , γ^i_s , γ^{ab}_s − складові ВПЕ, які характеризують дисперсійні, полярні, водневі (зв'язки), індукційні і кислотно-лужні взаємодії відповідно; γ^o_s – відноситься до усіх інших взаємодій, які не враховані попередніми складовими.

Відповідно до висновків Ван Осса і Гуда дисперсійна складова ВПЕ (γ^d_s) (Ліфшица Ван дер Ваальса) поєднує енергію дисперсійних, індукційних і полярних взаємодій. При цьому встановлюється, що $\gamma^d_s >> \gamma^p_s$ и $\gamma^d_s >> \gamma^i_s$. Інші складові формули (1) авторами були об'єднані у кислотно-лужну складову ВПЕ (γ^{ab}_s). Отже, вираз (1) спростився до двох складових:

$$\gamma_s = \gamma^d_s + \gamma^{ab}_s. \qquad (2)$$

Дисперсійна складова енергії взаємодії двох фаз (γ^d_s) зумовлена взаємодією молекул за рахунок миттєвих диполів, яка розраховується з середньо геометричного значення:

$$\gamma^d_s = \gamma^d_p + \gamma^d_f - 2(\gamma^d_p \gamma^d_f)^{1/2} = [(\gamma^d_p)^{1/2} - (\gamma^d_f)^{1/2}]^2, \qquad (3)$$

де γ^d_p, γ^d_f – дисперсійна складова ВПЕ полімеру та наповнювача відповідно.

Дисперсійна складова ВПЕ композиту залежить від γ^d_p, γ^d_f та об'ємної частки наповнювача ω. При врахуванні об'ємної частки наповнювача ω та об'ємної частки полімеру (1−ω) рівняння (3) перетворюється на наступне:

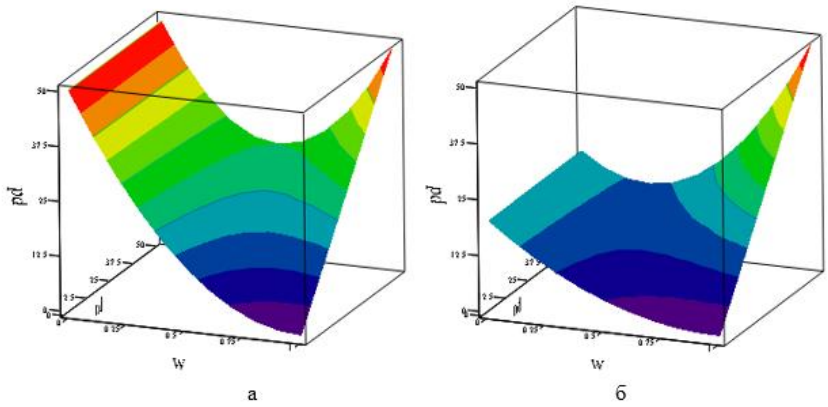
$$\gamma^d_s = \gamma^d_p - 2\omega\,[\gamma^d_p + (\gamma^d_p\,\gamma^d_f)^{1/2}] + \omega^2[\gamma^d_p + 2\cdot(\gamma^d_p\,\gamma^d_f)^{1/2} + \gamma^d_f]. \qquad (4)$$

Для одержання графічних зображень поверхонь відгуку за рівнянням (4) використовується прикладна програма математичної обробки та розрахунків Mathcad15.0. Прийнято, що γ^d_p=20–50 мДж/м^2; γ^d_f=0–50 мДж/м^2, ω=0–1. Вибір граничних умов зумовлений відомими значеннями енергетичних параметрів полімерів та наповнювачів різної хімічної природи (табл. 1).

Таблиця 1. Дисперсійні складові ВПЕ полімерів та наповнювачів

Матеріал	γ^d, мДж/м^2
Полімер	20–60
Наповнювачі	
Мінерали	30–112
Деревина	22–50
Вуглецеві матеріали	80–550

Побудовані поверхні представлені на рис. 1.



а б

Рис. 1. Поверхні відгуку дисперсійної складової ВПЕ полімерних композитів γ^d_s від ω та $\gamma^d_н$ наповнювачів для полімерів з а – γ^d_c=50 мДж/м^2; б – γ^d_c=20 мДж/м^2.

Як видно з рисунку, при додаванні наповнювачів з невеликою γ^d_f=0-20 мДж/м^2 в області наповнення ω=0−0,5 дисперсійна складова ВПЕ композиту стабільно зменшується. При додаванні наповнювачів з високими значеннями γ^d_f ≥50 мДж/м^2 в області наповнення ω=0,2–0,5, γ^d_s різко зростає. У всіх випадках (за виключенням γ^d_f=0) спостерігаються екстремальні залежності і чим більше значення γ^d_f, тим яскравіше виражене мінімальне значення γ^d_s. Отже, отримані графічні залежності можна розділити на дві зони: зону до мінімуму γ^d_s і зону після мінімуму γ^d_s.

Наявність екстремуму свідчить про кореляцію ВПЕ з деякими експлуатаційними характеристиками полімерних композитів (міцність, стійкість до агресивних середовищ, адгезійна міцність до різних поверхонь тощо), залежності яких від вмісту наповнювача у більшості випадків, мають екстремуми.

Отже, отримані залежності дозволять спрогнозувати закономірності зміни дисперсійної складової ВПЕ полімерних композитів в залежності від дисперсійних складових ВПЕ полімеру та наповнювача, а також характер залежності властивостей полімерних композитів від вмісту та природи наповнювача.

УДК 614.84

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЛЯРНИХ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ РІДИН

Кірєєв О.О., *д.т.н., професор,*
Гапон Ю.К., *к.т.н., доцент,*
Нуянзін В.М., *к.т.н., доцент,*
Даник О.М.
Національний університет цивільного захисту України

Гасіння полярних легкозаймистих рідин (ПЛЗР) має особливості по зрівнянню з гасінням неполярних рідин. Звичайні піноутворювачі (ПУ) не забезпечують утворення пін на поверхні ПЛЗР [1]. Для цього необхідно використовувати піноутворювачі спеціального призначення. Такі піни мають меншу ніж звичайні повітряно-механічні піни (ПМП) стійкість, особливо швидко вони руйнуються під дією інтенсивних теплових потоків. Ще одним недоліком цих пін є наявність в їх складі екологічно небезпечних речовин [2].

В якості полярних легкозаймистих рідин було обрано три спирти – метанол, етанол, пропанол-2 (ізопропанол) і один член гомологічного ряду кетонів – ацетон. Як сипкий матеріал базового шару було обрано подрібнене ПС з розміром гранул неправильної форми 10–15 мм Для верхнього шару обрано спучений перліт у вигляді близьких до сферичної форми частинок з діаметром 1,0–1,4 мм і пластинчатий вермікуліт з розміром лусочок 1×2,5 мм. Такі розміри гранул одночасно забезпечували добре заповнення порожнин між гранулами шару ПС і відсутність здатності просипатися в рідину криз цій шар.

Відповідні результати наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Розмір гранул (*l*), плавучісті в ПЛЗР (П), насипна щільність (*ρ*), вологоутримання (В), частка матеріалу, що просипалась крізь нижній шар піноскла для різних сипких матеріалів (ПР)

Матеріал	*l, мм*	П, % в метанолі	П, % в етанолі	П, % в ацетоні	ρ, кг/м^3	В, %	ПР, %
ПС	10–15	50	48	46	102	33	0
перліт	1,0–1,4	28	28	25	158	47	5
вермикуліт	1×2,5	14	12	10	239	51	2

Досліди з гасіння проводились в двох варіантах – з сухими та змоченими сипкими матеріалами. Змочування ПС здійснювалась зануренням на 1 хвилину ПС у воду з наступним стряхуванням його у ситі. Для спучених перліту і вермікуліту по такий самий методиці як для ПС відбувалось їх грудкування. Тому їх змочування проводилось після нанесення сухого матеріалу на поверхню рідин, що горять шляхом розпилювання води з питомою витратою 1 кг/м^2 (10 г на лабораторне модельне вогнище) [4]. Для порівняння результатів цієї роботи з результатами для неполярних легкозаймистих рідин було проведено дослідження з гасінню неполярної легкозаймистої рідини бензину А-92. Експериментальні результати представлені в табл.2.

Таблиця 2. Вогнегасні висоти сипких матеріалів у разі нанесення на базовий шар піноскла додаткових шарів сипких матеріалів

ПЛЗР	Вогнегасні висоти сипких матеріалів, см			Вогнегасні висоти змочених матеріалів, см		
	ПС	перліт	вермікуліт	ПС	перліт	вермікуліт
Метанол	4,5	2	2	3	1	1,5
Етанол	4	1,5	1,5	2	1	1,5
Пропанол-2	2,5	1,5	2	1,5	0,5	1
Ацетон	3,5	1,5	2	1	1	1
Бензин А-92	6	2	2	5,5	1	1,5

Експериментально визначені висоти шарів обраних сипких матеріалів які забезпечують гасіння легкозаймистих полярних рідин метанолу, етанолу, пропанолу-2 та ацетону. Для порівняння було визначені вогнегасні характеристики систем на основі сипких матеріалів під час неполярної легкозаймистої рідини – бензину. Встановлено, що в якості сипкого матеріалу верхнього шару найкращі властивості має спучений перліт.

Змочування сипких матеріалів суттєво підвищує їх вогнегасні властивості під час гасіння легкозаймистих полярних рідин. Це пояснюється збільшенням ізолюючих властивостей змочених перліту і вермікуліту та абсорбцією водою парів легкозаймистих полярних рідин. Встановлено, що гасіння таких рідин може бути досягнене використанням тільки змоченого піноскла загальною висотою шару не більше 10 см. Системи на основі сипких матеріалів виявляють комбіновану вогнегасну дію за такими механізмами припинення горіння: охолодження, ізоляція, розведення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhi, H., Bao, Y., Wang, L., Mi, Y. (2019). Extinguishing performance of alcohol-resistant firefighting foams on polar flammable liquid fires. Journal of Fire Sciences. 38. 1. 53–74.

2. Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слуцька О.М. Рекомендації щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, що містять етиловий спирт. МНС України. К.: УкрНДІПБ, 2009. 76 с.

3. Ivanković, T. (2010). Surfactants in the environment. Arh. Hig. Rad. Toksikol. 61. 1. 95–110.

4. Дадашов І.Ф., Кірєєв О.О., Трегубов Д.Г., Тарахно О.В. Гасіння горючих рідин твердими пористими матеріалами та гелеутворюючими системами. Харків : ФОП Бровін. 2021. 240 с.

УДК 620.179.1:678.5

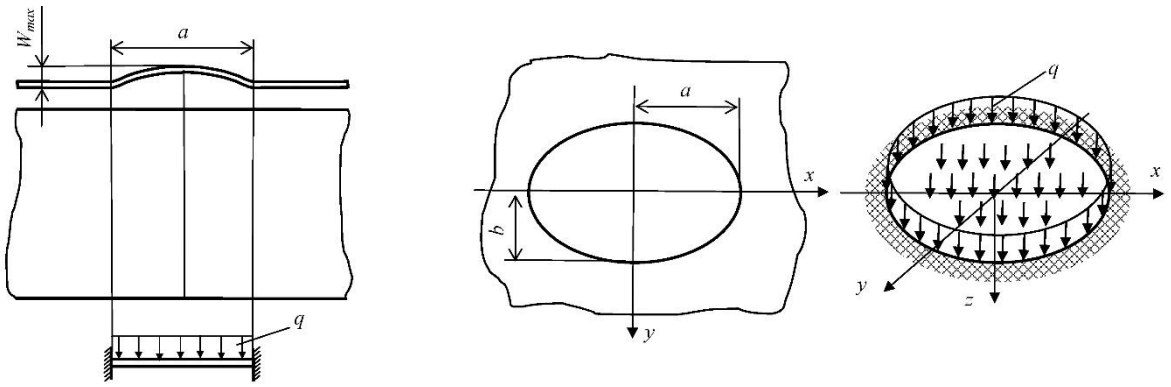
ОЦІНКА СТРУКТУРНИХ ДЕФЕКТІВ ПОВЕРХНІ КОМПОЗИТНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ ТА ЇХ ДОПУСТИМІ РОЗМІРИ

***Кондратьєв А.В.*[1]**, *д.т.н., професор,*
***Набокіна Т.П.*[2]**, *к.т.н., доцент*
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ»

Композитні сендвіч-панелі широко застосовуються в авіаційній, автомобільній та будівельній галузях завдяки їх високій міцності, низькій масі та стійкості до зовнішніх впливів [1]. Однак під час виробництва та експлуатації часто виникають локальні відхилення їх поверхні, такі як хвилястість і вм'ятини, що можуть призводити до порушення адгезії та розшарування між композитною обшивкою та заповнювачем [2]. Незважаючи на можливість їх усунення технологічними методами під час складання сендвічевих конструкцій, у зоні виправлених дефектів неминуче виникають залишкові напруження, що негативно впливають на механічні характеристики виробу [3]. Це підкреслює необхідність комплексного підходу до вивчення технологічних дефектів поверхні сендвічевих панелей, оцінювання їхнього впливу на працездатність конструкції та розробки методів мінімізації їхнього впливу.

Метою дослідження є визначення гранично допустимих розмірів дефектів композитних обшивок, які можуть бути усунені технологічним способом, забезпечуючи структурну цілісність полімерного композиційного матеріалу (ПКМ) при мінімальному негативному впливі на несучу здатність сендвіч-панелі.

Було розглянуто два основних типу дефектів: безперервна хвилястість та вм'ятини (випуклості) довільної форми, які з достатньою точністю можна апроксимувати еліптичною формою (рис. 1).



а **б**

Рис. 1. Розглянуті типи дефектів несучих обшивок та їх рохрахункові схеми: а – безперервна хвилястість; б – вм'ятини (випуклості).

Для оцінювання напруженого стану композитних обшивок з такими дефектами було застосовано аналітичний підхід. Аналіз базувався на теорії балок і пластин, враховуючи жорсткість на вигин, анізотропію ПКМ та прикладений технологічний тиск q. Для визначення допустимих розмірів дефектів було використано критерій міцності Hill, з урахуванням рівня відповідальності конструкції.

Встановлено максимально допустимі розміри хвилястості та вм'ятин (випуклостей) у композитних сендвіч-панелях, враховуючи ступінь відповідальності конструкції, виражений через допустимий коефіцієнт напруженості $[\psi_q]$. Так, наприклад, вираз для максимально допустимого розміру хвилястості композитної несучої обшивки має вигдяд

$$min\left\{a_{lim} \le \frac{4}{3}\frac{\delta F_{xy}}{q}\sqrt{\psi_q};\quad a_{lim} \le \delta\sqrt[4]{\frac{4\psi_q F_x^2}{q^2}}\right\}, \tag{1}$$

де F_x, F_{xy} – межа міцності на розтяг та зсув ПКМ, δ – товщина ПКМ хвилястості, ψ_q – максимальний коефіцієнт напруженості в характерній точці.

На прикладі плоскої прямокутної панелі розміром 140×70×18 мм з вуглепластика UT-900-2,5 на основі епоксидного зв'язуючого EDT-69N зі стурктурою $[0°/90°/0°/90°]_s$ було визначено критичний розмір дефекту a_{lim} – вм'ятини (випуклості), що відповідає вибраному максимальному коефіцієнту напруженості $[\psi_q]$=0,75.

Таблиця 1. Критичний розмір дефекту, що відповідає вибраному максимальному коефіцієнту напруженості $[\psi_q]$=0,75

Відносна площа дефекту / Відносна глибина дефекту	0,01	0,04	0,09
0,125	4,46 мм	9,99 мм	11,59 мм
0,250	4,46 мм	9,92 мм	17,74 мм
0,375	4,46 мм	9,92 мм	14,94 мм
0,500	4,46 мм	9,92 мм	14,94 мм

Отримані результати показали, що допустимий розмір дефекту зменшується зі збільшенням рівня відповідальності конструкції. Також виявлено, що примусове притискання вм'ятин створює зони попередньої напруженості у композитній обшивці, що може змінювати розподіл напружень та знижувати довготривалу несучу здатність сендвічевої консрукції.

Запропонована методика забезпечує кількісну оцінку допустимих меж дефектів, що сприяє оптимізації контролю якості виробництва та ефективності ремонтних процедур. Отримані результати надають практичні рекомендації щодо підвищення надійності та довговічності композитних конструкцій, гарантуючи, що локальні відхилення поверхні залишаються в межах допустимих значень, не впливаючи на експлуатаційну міцність. Результати дослідження можуть бути корисними для розробки та вдосконалення методів ремонту і контролю якості композитних конструкцій, підвищуючи їх надійність і довговічність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Resende Oliveira, P., May, M., Hallak Panzera, T., Hiermaier, S. (2022). Bio-based/green sandwich structures: A review. Thin-Walled Structures. 177. 109426.

2. Wang, Z.G., Li, Z.D., Zhou, W., Hui, D. (2018). On the influence of structural defects for honeycomb structure. Compos. Part B: Eng. 142. 183–192.

3. Kondratiev, L., Smovziuk, L., Shevtsova, M., Tsaritsynskyi, A., Nabokina, T. (2023). Study of reduction of strength of composite plates with delamination. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 159–168.

УДК 614.8-052

ІНТЕНСИВНІСТЬ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ ПРИ ОСАДЖЕННІ ДРІБНОДИСПЕРСНОЮ ВОДОЮ

Лесько А.С.,
Кулаков О.В., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Одними з основних завдань єдиної державної системи цивільного захисту є прогнозування й оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах; проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення.

Особлива увага має приділятися ліквідації аварій на хімічно небезпечних об'єктах. Хімічні речовини, що обертаються, звичайно є або токсичними або вибухонебезпечними. Внаслідок аварії може статися викид небезпечних хімічних речовин в атмосферу, воду, ґрунт, що призведе до їх забруднення та виникненню загрози здоров'ю людей, які проживають поблизу. Аварії на хімічно небезпечних об'єктах можуть спричинити негативні екологічні наслідки, а саме загибель рослин, тварин, забруднення водних ресурсів, забруднення природних екосистем.

Основним завданням при ліквідації аварій на хімічно небезпечних об'єктах є локалізація аварії, зупинка подальшого розповсюдження небезпечних хімічних речовин та запобігання їх потрапляння в оточуюче середовище. Ліквідація джерела аварії передбачає усунення витоку небезпечних хімічних речовин з пошкодженого обладнання.

Одним з методів ліквідації аварій з викидом небезпечних газів на хімічно небезпечних об'єктах є осадження газової хмари, зокрема, водою. Це дозволяє швидко зменшити концентрацію небезпечного газу, що зменшує ризик отруєння. Додатковим може бути ефект нейтралізації небезпечних властивостей газу. Наприклад, аміак є небезпечним газом, що легший відносно повітря. Відмінно розчинюється у воді (при 20 °С і звичайному тиску в 1 об'ємі води розчиняється близько 700 об'ємів аміаку) з утворенням аміачної води (нашатирного спирту). Аміачна вода з концентрацією до 10 % є лікарським засобом [1]. Хлор є небезпечним газом, що важкий відносно повітря. Хлор реагує з водою, утворюючи соляну кислоту та хлороватисту кислоту. За своєю хімічною активністю соляна кислота належить до найсильніших кислот, але її властивості суттєво залежать від її концентрації у водному розчині. Хлороватиста кислота за своєю хімічною активністю є слабкою [2]. Вода утворює бар'єр, що перешкоджає подальшому поширенню хлору в атмосферу, знижуючи ризик отруєння людей й зараження навколишнього середовища.

Метою роботи є дослідження інтенсивності нейтралізації небезпечних газів, що є як легкими так й важкими відносно повітря, при їх осадженні дрібнодисперсною водою.

На рис. 1 приведено отриману залежність інтенсивності осадження V_{sorb} небезпечних газів від інтенсивності I_w подачі дрібнодисперсного потоку води для де-яких небезпечних газів. Найлегшим відносно повітря є небезпечний газ аміак, найважчим – хлор.

З рис. 1 видно, що залежність інтенсивності осадження V_{sorb} небезпечного газу від інтенсивності I_w подачі дисперсного потоку логарифмічний характер. Це може пояснити тим, що інтенсивність сорбції падає внаслідок зниження концентрації небезпечного газу, яка, в своє чергу, знижується внаслідок протікання процесу абсорбції.

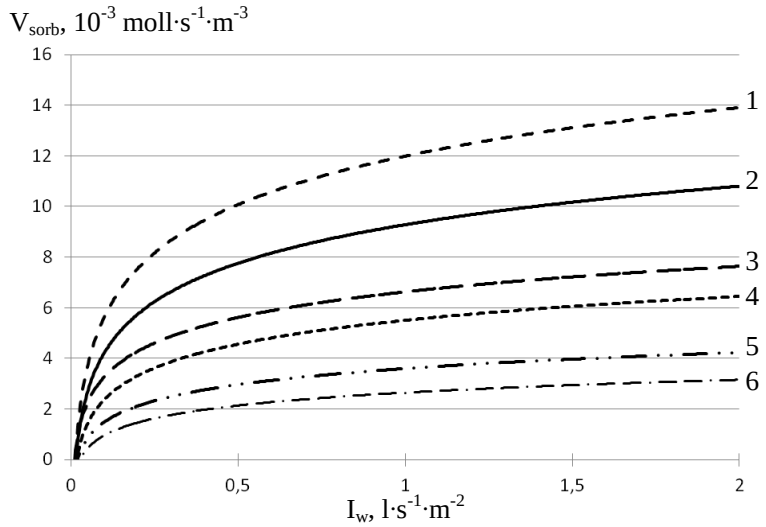


Рис. 1. Залежність інтенсивності осадження V_{sorb} небезпечних газів від інтенсивності I_w подачі дрібнодисперсного потоку води (1 – аміак, 2 – соляна кислота, 3 – фосген, 4 – синильна кислота, 5 – диоксид сірки, 6 – хлор).

Видно, що нейтралізація з використанням водних потоків має найбільшу інтенсивність для хімічно небезпечних газоподібних матеріалів, що легко розчинюється у воді. Інтенсивність нейтралізації хімічно небезпечних газоподібних матеріалів, що погано розчинюється у воді є меншою. При інтенсивності подачі 1,5 л/с/м^2 потоку води з дисперсністю крапель 1 мкм інтенсивність осадження аміаку складає $13{,}0\cdot10^3$ моль/с/м^3, парів соляної кислоти – $10{,}0\cdot10^3$ моль/с/м^3, фосгену – $7{,}0\cdot10^3$ моль/с/м^3, парів синильної кислоти – $6{,}0\cdot10^3$ моль/с/м^3, діоксиду сірки – $4{,}0\cdot10^3$ моль/с/м^3, хлору – $3{,}0\cdot10^3$ моль/с/м^3. Погана розчинність хлору у воді не дає високої ефективності його осадження дрібнодисперсними потоками води навіть при максимальній інтенсивності її подачі (всього 6 % якщо за 100 % взяти інтенсивність осадження аміаку). Можна визначити інтенсивність подачі дрібнодисперсного потоку води, при якій інтенсивність сорбції небезпечного майже стабілізується. Для хлору $-I_w = 1{,}57\ \ell/s/m^2$. При проведенні розрахунків приймалася дисперсність водяного потоку 1 мкм, інтенсивність I_w подачі дрібнодисперсного потоку води змінювалася від 0 до $2\ \ell/s/m^2$.

Показано, що при осадженні небезпечних газів у дрібнодисперсному потоці води визначальним параметром є постійна Генрі небезпечного газу, а не інтенсивність подачі дрібнодисперсного потоку води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аміак. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ Ammonia (дата звернення 17.02.2025).
2. Хлор. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ Chlorine (дата звернення 17.02.2025).

УДК 614.8

ВПЛИВ ФОСФАТОВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ НА ВЛАСТИВОСТІ КРЕМНЕЗЕМВМІСНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ XPS

***Лисак Н.М.*[1],**
***Скородумова О.Б.*[1],** *д.т.н., професор,*
***Чернуха А.А.*[1],** *к.т.н., доцент,*
***Калашнікова В.С.*[2],**
***Кочубей В.В.*[3],** *к.хім.н., доцент*
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*Національна академія Національної гвардії України,*
[3]*Львівський національний університет «Львівська політехніка»*

Екструдований пінополістирол (XPS) – один з найбільш поширених та ефективних матеріалів, що використовується з метою теплоізоляції будівельних конструкцій. Незважаючи на відмінні енергозберігальні властивості, його суттєвим недоліком є висока горючість та легка займистість. При дії високих температур та при контакті з відкритим полум'ям XPS має здатність розкладатися з виділенням токсичних продуктів. Однією з особливостей горіння матеріалу є утворення палаючих крапель, що може спричинити розповсюдження вогню та підпалювання інших предметів [1]. Тому актуальною проблемою є пошук та вдосконалення антипіренових композицій для підвищення вогнестійкості екструдованого пінополістиролу.

Тривалий час для зменшення горючості полістиролу використовували гексабромоциклододекан (HBCD), використання якого згодом було заборонено Стокгольмською конвенцією через високу токсичність. Як замінник останньому Агентством з охорони навколишнього середовища США було запропоновано бромований сополімер бутадієн-стиролу (B264YZ, GreenCrest), що має полімерну природу, завдяки чому зменшується ймовірність його вивільнення з полістирольних матеріалів. Проте є дослідження, результати яких описують негативний вплив на навколишнє середовище цього антипірену [2].

У контексті вогнезахисту полістиролу важливе місце займає використання штукатурних матеріалів. Але у випадку пошкодження такого захисного шару, процеси поширення вогню та горіння значно пришвидшуються. Крім того, непрозорість та шорстка текстура штукатурки не задовольняють естетичним вимогам внутрішнього оздоблення приміщень.

Відомо, що підвищенню термостабільності та вогнестійкості матеріалів може сприяти використання комбінованих систем. На особливу увагу заслуговують підходи, де розглядається синергізм фосфору та кремнію. У раніше проведених дослідженнях було відзначено позитивний вплив ортофосфатної кислоти та фосфатного буферного розчину [3, 4] на вогнезахисні властивості кремнеземвмісних покриттів для природного полімеру – деревини. Метою представленої роботи було дослідження впливу зазначених антипіренів на властивості гелів SiO_2 та покриттів на їх основі для полімеру синтетичного походження – екструдованого пінополістиролу.

Золі кремнієвої кислоти одержували змішуванням розчинів рідкого скла та оцтової кислоти. Як фосфоровмісні ддобавки використовували розчини ортофосфатної кислоти (1, 2, 4 та 8 мас. %) та фосфатні буферні розчини (pH 6–8; 15, 20 та 25 об'ємн. %).

Реологічні властивості композицій оцінювали методом спектрофотометрії (фотоколориметр КФК-2, довжина хвилі 490 нм).

Для гелів кремнезему з фосфоровмісними добавками здійснювали реєстрацію ІЧ-спектрів на інфрачервоному спектрофотометрі FTIR-8400S (Shimadzu), що споряджений приставкою QATR 10 (Shimadzu) в діапазоні 400–4000 $см^{-1}$.

Процеси, що відбуваються в експериментальних гелях під час нагрівання, вивчали за допомогою диференційно-термічного аналізу з використанням дериватографа Q-1500D. Дослідження проводили в атмосфері повітря в інтервалі температур 20–600 °С зі швидкістю підйому температури 10 °С/хв.

Експериментальні покриття наносили на поверхню пінополістиролу ванним методом. Після нанесення кожного шару композиції зразки висушували в сушильній шафі при температурі 80 °С.

Вогневі випробування проводили на лабораторній установці, яка складається з захисного екрана, пальника та газового балона з редуктором. Час дії вогню при тиску газу 0,2 МПа складав 10 с. Після випробувань визначали втрату маси зразків у відсотках.

Текучість золів з низьким вмістом H_3PO_4 (1–2 %) змінювалася в інтервалі 45–70 хв., поліконденсація відбувалася за лінійним механізмом, що підтверджено інфрачервоною спектроскопією. Зростання вмісту H_3PO_4 (4–8 %) сприяло зростанню живучості композицій до 24 год та спричиняло зміну механізму поліконденсації на сітчастий, що підтверджено термографічним методом. Золі, модифіковані фосфатними буферними розчинами, втрачали текучість через 2 год, що є задовільним для якісного нанесення композиції на поверхню матеріалу та утворення однорідного покриття.

Проведення вогневих випробувань дозволило встановити, що усі досліджувані композиції здатні усунути основний недолік горіння пінополістиролу – утворення палаючих крапель. Найвищу ефективність вогнезахисту забезпечували покриття на основі SiO_2 та фосфатних буферних розчинів (pH 6–7, 20 %-й вміст). Зразки XPS не горіли, втрати маси становили близько 1 %. Було порівняно вплив катіонів натрію, амонію та калію у складі компонентів буферних розчинів на протипожежні властивості покриттів. Використання калієвих солей забезпечувало найкращий вогнезахист для екструдованого пінополістиролу, що було підтверджено вогневими випробуваннями матеріалу різних виробників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ouyang, D., Yan, H., Song, J., Yang, C., Jiang, T., Liu, C. (2022). Combustion characteristics and fire hazard of polystyrene exterior wall thermal insulation materials. Journal of Applied Polymer Science. 140. 8. e53503.

2. Koch, C., Sures, B. (2019). Degradation of brominated polymeric flame retardants and effects of generated decomposition products. Chemosphere. 227. 329–333.

3. Lysak, N., Skorodumova, O., Chernukha, A., Kochubei, V. (2025). Study of gelation processes in flame retardant compositions of the SiO2 sol system - a phosphate-containing additive. Defect and Diffusion Forum. 438. 101–110.

4. Lysak, N., Skorodumova, O., Chernukha, A., Sharshanov, A., Goncharenko, Y., Shcherbak, S. (2024). Silicophosphate fireproof composition for building finishing materials. Problems of Emergency Situations. 2(40). 72–85.

УДК 629.1.07

ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА АКУМУЛЮЮЧИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРО ТА ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

Кравцов М.М., *к.т.н., доцент,*
Бажинов О. В., *д.т.н., професор*
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Відомо, що в електричних і гібридних транспортних засобах основними енергетичними елементами є тягові акумуляторні батареї (як у звичайних автомобіля - паливний бак). Під час заряджання цих акумуляторів, іони літію переміщуються через електроліт і впроваджуються в кристалічну решітку графіту на аноді утворюючи з'єднання графіту літію LiC_6. Під час розряду літій-іонного акумулятора відбувається зворотний технологічний процес - іони літію від анода рухаються до катода (окиснювача), в зовнішньому ланцюзі до катода рухаються електрони. У результаті цього процес набуває електричної нейтральності [2]. Схема роботи літій - іонного акумулятора наведено на рис. 1.

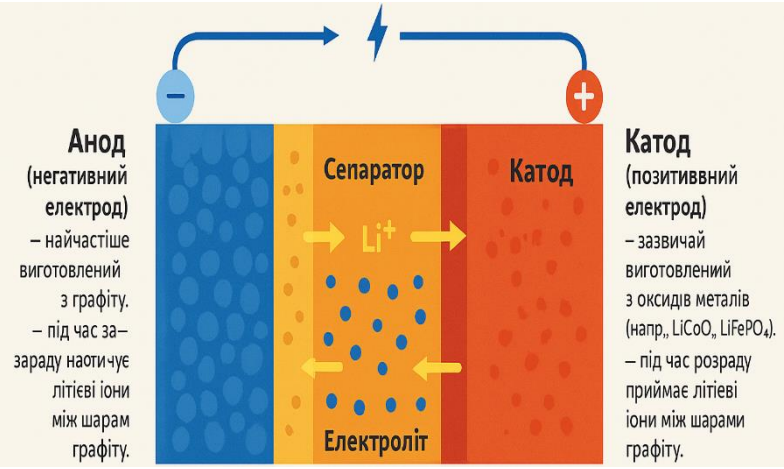


Рис. 1. Схема роботи літій-іонного акумулятора.

Катод (позитивний електрод) – червоний, зазвичай виготовлений з оксидів металів (наприклад, $LiCoO_2$, $LiFePO_4$). Під час розряду приймає літієві іони. Є джерелом електронів у зовнішньому колі при розряді. Анод (негативний електрод) – синій, найчастіше виготовлений з графіту. Під час заряду накопичує літієві іони між шарами графіту. Віддає електрони у зовнішнє коло при розряді. Сепаратор – світло-оранжевий - тонка пориста мембрана між анодом і катодом. Пропускає літієві іони, але блокує електрони, запобігаючи короткому замиканню. Електроліт - рідина або гель, що дозволяє іонам літію пересуватись між анодом і катодом. Містить солі літію, розчинені в органічному розчиннику.

Літієві іони (Li^+) – жовті стрілки, під час заряду переміщуються від катода до анода через електроліт. Під час розряду рухаються у зворотному напрямку – від анода до катода. Електрони (e^-) – сині стрілки або лінії у зовнішньому колі, не проходять через електроліт, а рухаються по зовнішньому колу, забезпечуючи електроенергію пристроям.

Цикл роботи: під час заряду (від зарядного пристрою): електрони «накачуються» до анода. Іони літію переходять через електроліт до анода. Під час розряду (живлення пристрою): іони літію повертаються до катода. Електрони рухаються по зовнішньому колу, створюючи струм.

На рисунку 1 бачимо як на негативній електродній поверхні вуглецевої матриці внаслідок значного перезарядження акумуляторної батареї відбувається осадження металічного літію (у вигляді дрібно роздрібненого мошистого осаду), що має велику реакційну здатність до електроліту. На позитивному електроді (рис. 1 і 2) бачимо початок активного виділення кисню всередині батареї, що спричинило інтенсивне виділення тепла, підвищення тиску, розгерметизацію акумулятора та його загоряння (рис. 2).

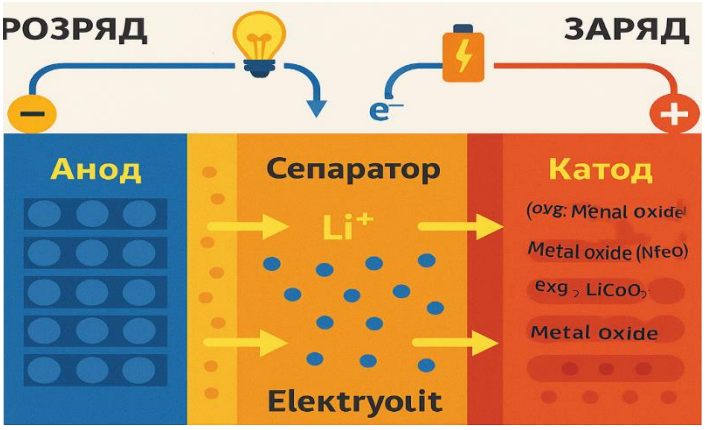


Рис. 2. Схема розряду та заряду літій-іонного акумулятора.

Пояснення до кольорової схеми розряду та заряду літій-іонного акумулятора, яка поділена на дві частини: розряд (зліва) і заряд (справа).

Розряд (ліва частина схеми) - акумулятор віддає енергію зовнішньому пристрою (наприклад, телефону або автомобілю). Що відбувається: іони літію (Li^+) рухаються з анода (синій) → до катода (помаранчевий) через електроліт. Електрони (e^-) не проходять крізь електроліт, а йдуть по зовнішньому електричному колу, забезпечуючи струм. Зовнішній споживач отримує електроенергію.

Заряд (права частина схеми) – акумулятор отримує енергію від джерела живлення (зарядного пристрою). Що відбувається: іони літію (Li^+) переміщуються з катода назад до анода, де вони «зберігаються» в графітовій структурі. Електрони (e^-) також рухаються до анода, але по зовнішньому колу – від джерела живлення. В результаті, акумулятор знову готовий до використання.

Основні компоненти на схемі:

Компонент	Опис
Анод (синій)	Негативний електрод, зазвичай з графіту
Катод (помаранчевий)	Позитивний електрод, зазвичай з оксидів металів
Сепаратор	Тонка пориста плівка, не дає електронам пройти напряму
Електроліт	Провідник іонів між анодом і катодом
Іони літію (Li^+)	Переміщуються через електроліт під час заряду і розряду
Електрони (e^-)	Створюють струм у зовнішньому колі

Серйозну небезпеку становить загорілий металевий літій (хімічний символ - Ar, хімічний елемент 18-ї групи третього періоду періодичної системи Л.І. Менделєєва, з атомним номером 18, проста речовина, інертний одноатомний газ без кольору, смаку й запаху, є третім за поширеністю хімічним елементом повітря земної атмосфери (після азоту й кисню) – 0,93 % за об'ємом. Для ефективного гасіння літію застосування звичайних засобів гасіння вогню (вода, хімічна піна, діоксид вуглецю, галогенопохідні вуглеводні тощо) тільки посилюють його горіння та призводять до вибуху. При температурі вище + 95 °C літій швидко руйнує скло, кварц, бетон, вогнетриви, реагує з піском.

Літій горить в атмосфері азоту і діоксиду вуглецю без кисню. Неможливо гасити полум'я літію порошковими вогнегасниками, краще для цього використовувати вогнегасні склади ПС-1 і ПС-2, проте в багатьох інструкціях їх помилково рекомендують для гасіння лужних металів. Літій, що горить, можливо ефективно гасити, витіснивши повітря з осередку горіння аргоном - це найкращий спосіб пожежогасіння [3].

Розглядаючи пори сепаратора літій-іонного акумулятора (рис. 3) бачимо утворення середовища у вигляді обмежених елементів простору, наприклад кульок, у яких можливе вміст у них інертного газу, наприклад аргону, під атмосферним тиском. Оболонка елементів обмеженого простору виконана з легкоплавкого матеріалу, а пори сепаратора розмірами виконані більшими за розміри іонів літію [4].

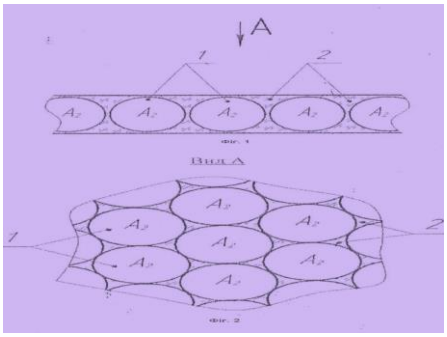


Рис. 3. Схема захисту Li-ion акумулятора: 1– кульки з Ar-аргоном; 2 – пори сепаратора.

Усередині літій-іонного акумулятора відбувається екзотермічна реакція з виділенням тепла, і коли температура досягає +180 або +200 °С, матеріал катода вступає в реакцію з виділенням кисню, що призводить до самозаймання пожежонебезпечної суміші. Таким чином, для пожежогасіння використовуються кульки 1, (2 - пори сепаратора), внаслідок руйнування їхньої оболонки під дією високої температури руйнується і надходить інертний газ - аргон (рис. 3). Внутрішнє коротке замикання, це одна з причин пожежі літій-іонного акумулятора. Усередині акумулятора температура підвищується від +70 до +900 °С, при цьому іоно провідний захисний шар на аноді починає розкладатися і руйнуватися. При цьому літій, який вбудований в анод, вступає в бурхливу реакцію з виділенням (утворенням) вуглецево-водневих сполук у складі: етану, метану, етилену, що являють собою вибухонебезпечну суміш, та яка поки що не запалюється внаслідок відсутності кисню.

Це технічне рішення захищено патентом України на корисну модель № 127742 «Літій-іонний акумулятор». Автори: Бажинов О.В., Бажинова Т.О., Нікітін С.П., Кравцов М.М., Цехмейстер О.С. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 27.08.2018 р. Ми знайшли ще найкраще технічне рішення до безпеки літій-іонного акумулятора – це підвищений захист Li-ion акумулятора від само спалахування і навіть із обмежених елементів простору сепараторів, тобто кульок внаслідок руйнування їх оболонки під дією високої температури, яка підвищується у внутрішньому просторі акумулятора, та надходить інертний газ, наприклад аргон, який знаходиться у елементах обмеженого простору – у кульки під над атмосферним тиском. Внаслідок цього внутрішній простір акумулятора заповнюється інертним газом, аргоном, ще до появи кисню, тобто коли температура вже сягає +180 °С чи +200 °С і матеріал катода, вбудований в кристал літію, вступає в реакцію з виділенням кисню. При цьому заповнення внутрішнього простору акумулятора інертним газом – аргоном відбувається раніше, ніж утворяться умови само спалахування та вибуху пожежонебезпечної суміші літій-іонного акумулятора у вигляді з'єднань етану, метану, етилену і, таким чином,

акумулятор надійно захищається від само спалахування та вибуху, тобто забезпечується підвищення його пожежної безпеки [5].

Також і на це технічне рішення сполучено патент України № 143615 на корисну модель «Літій-іонний акумулятор підвищеного захисту». Автори: Бажинов О.В., Кравцов М.М. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.08.2020 р.

У висновках можливо затвердити, що запобігти вибуху та пожежі літій-іонного акумулятора можливо тільки при наявності запропонованих технічних рішень авторів патентів ХНАДУ які надані у даних тезах, а також при виконанні інструкцій по їх експлуатації. Литий-іонні акумулятори при перезаряді та не до заряді мають осадження металевого літію (у вигляді дрібно роздробленого мошистого осаду), що є небезпечно та провокує виникнення короткого замикання, пожежі чи вибуху у ньому.

З метою уникнення цих негативних факторів цілодобово наладить запропонований захист литій-іонних та інших видів акумуляторів ще на стадії їх виготовлення та впровадження до споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гібридні авто загоряються частіше, ніж бензинові та електричні. URL: https://zaxid.net/news/

2. Бажинов О.В., Кравцов М.М. Небезпека транспортних засобів: монографія. Харків: ЧП Стариченко Л.А., 2022. 160 с.

3. Havrys, A.P., Lavrivskiy, M.Z. (2018). Небезпеки електромобілів і гібридних транспортних засобів. Scientific Bulletin of UNFU. 28(10). 66–70. URL: https://doi.org/10.15421/40281014

4. Gavryliuk, A., Vasylieva, O. (2023). Аналіз стану протипожежного захисту електромобілів. Пожежна безпека. 42. 32–42. URL: https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.42.2023.04

5. Бажинов О.В., Кравцов М.М. Небезпека транспортних засобів: монографія. Харків: ЧП Стариченко Л.А., 2022. 160 с. URL: https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/6638/1/BazhynovKravtsovNebezpekaTransportnykhZasobivM22.pdf

6. Бажинов О.В., Бажинова Т.О., Кравцов М.М., Основи ефективного використання екологічно-чистих автомобілів: монографія. Харківський національний автомобільно-дорожній університет; Харків: Панов А. М. [вид.], 2018. 199 с.

7. Бажинов О.В., Кравцов М.М., Ілічук О.В. Методика вимірювання впливу електромагнітних випромінювань автотранспортних засобів на людину та навколишнє середовище. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 2019. Том 1, вип. 86. С. 66–73. URL: https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2019.86.1.66

8. Гібридні авто загоряються частіше, ніж бензинові та електричні, – дослідження, 2022. Zaxid.net. URL: https://zaxid.net/gibridni_avto_zagoryayutsya_chastishe_nizh_benzinovi_ta_elektrichni__doslidzhennya_n1534981

9. Вчені з’ясували причини вибуху батарей електромобілів, 2018. ТСН. URL: https://tsn.ua/auto/news/vcheni-doveli-nebezpeku-zaymannya-akumulyatoriv-elektrokariv-1184757.html

УДК 614.84

ПОБУДОВА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ХІМІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ ЗА ЄВРОПЕЙСЬКИМ ЗРАЗКОМ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Мельник О.Г., *к.т.н., с.н.с.,*
Мельник Р.П., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

В умовах війни застосування ворогом хімічної зброї (артилерійських хімічних снарядів, хімічних фугасів, ручних хімічних гранат, авіаційних бомб, керованих авіаційних пристроїв, ракет тощо), дія якої ґрунтується на токсичних властивостях ряду хімічних речовин, що здатні уражати людей та тварин на великих площах, а також проникати в будівлі та споруди, заражати місцевість та водойми лише зростає [1].

Тому, в умовах сьогодення здійснення бойових дій на території України внаслідок збройної агресії російської федерації та можливість імпорту, створення або застосування хімічної зброї є одними з основних джерел загроз хімічній безпеці [2].

Серед основних цілей державної політики у сфері забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією можна виокремити:

– унеможливлення розроблення, виробництва, імпорту та використання хімічної зброї;

– запобігання терористичним актам із застосуванням хімічної зброї або небезпечних хімічних речовин, диверсій у суб'єктів господарювання галузі хімічної промисловості, запровадження контролю за використанням прекурсорів хімічної, вогнепальної, запалювальної, ракетної та самохідної підводної вибухової зброї;

– запобігання виникненню хімічних інцидентів, пов'язаних з небезпечною хімічною продукцією [2].

На сьогодні в Україні є низка проблем, що пов'язані з ліквідацію найбільш резонансних накопичень небезпечних хімічних речовин (відходів). Зокрема, на підприємствах оборонного комплексу знаходяться значні об'єми хімічних речовин, термін зберігання яких закінчився і вони більше не придатні для використання в господарській діяльності. Крім цього, на об'єктах Міноборони та на підприємствах, що належать до сфери управління Державного космічного агентства, зберігаються компоненти рідкого ракетного палива (пальне типу гептил, проніт, еніт та кислотні окислювачі типу меланж), але всі ракети, де використовувалося таке паливо, виведені з експлуатації на даний час. На багатьох об'єктах строк експлуатації резервуарів, в яких зберігаються компоненти ракетного палива, давно вичерпаний, внаслідок чого може відбуватися випаровування високотоксичних агресивних хімічних речовин, що, в свою чергу, створює реальну загрозу для життя та здоров'я людей, забруднення довкілля.

Вищезазначені проблеми набули суспільного резонансу та потребували комплексного вирішення шляхом: запровадження європейських норм щодо обігу хімічних речовин та продукції на внутрішньому ринку, а також підготовка Національних та регіональних планів з управління хімічною безпекою тощо.

Закон України «Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією» [2] є базисом для побудови національної системи управління хімічними речовинами за європейським зразком. Даний закон створив підґрунтя для імплементації двох технічних регламентів Європейського Союзу – CLP та REACH. Таким чином, 10 травня 2024 року Урядом затверджено «Технічний регламент класифікації небезпечності, маркування та пакування хімічної продукції» [3], а 23 липня 2024 року – «Технічний регламент щодо безпечності хімічної продукції» [4]. На рис. 1 представлена модель державного управління в сфері хімічної безпеки та управління хімічною продукцією.

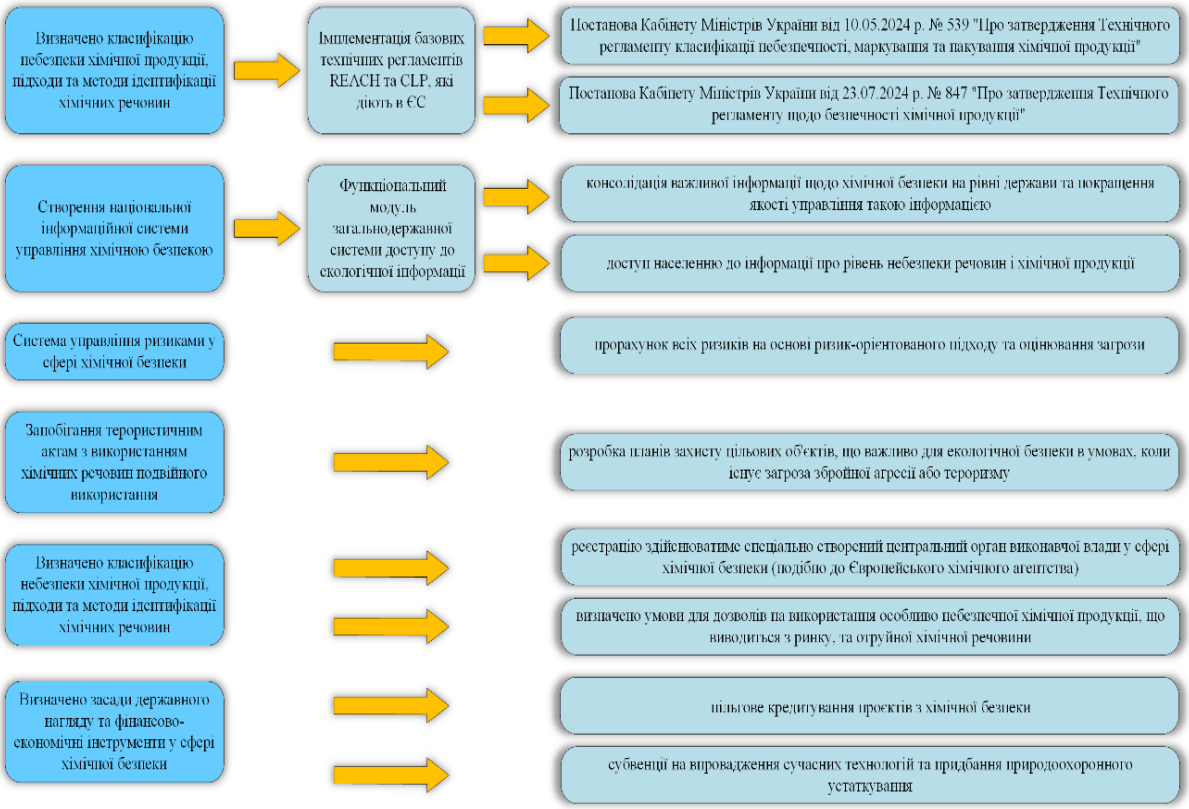


Рис. 1. Модель державного управління в сфері хімічної безпеки та управління хімічною продукцією.

Підсумовуючи вищезазначене, можна стверджувати, що прийняті нещодавно законодавчі та підзаконні нормативно-правові акти сприятимуть ефективній реалізації державної політики в сфері хімічної безпеки в мирний час та в особливий період, підвищенню рівня відповідальності центральних та місцевих органів виконавчої влади, інших державних органів влади, керівників підприємств, установ, організацій та громадян.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник О., Мельник Р. Аналіз хімічних загроз та забезпечення хімічної безпеки в умовах війни. Global Directions in Scientific Research and Technological Development: Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference (September 16-18, 2024). Valencia, Spain. European Open Science Space, 2024. С. 13–15.

2. Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією: Закон України від 01.12.2022 р. № 2804-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2804-20#Text (дата звернення 25.02.2025).

3. Про затвердження Технічного регламенту класифікації небезпечності, маркування та пакування хімічної продукції: Постанова Кабінету Міністрів України від 10.05.2024 р. № 539. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/539-2024-%D0%BF#Text (дата звернення 25.02.2025).

4. Про затвердження Технічного регламенту щодо безпечності хімічної продукції: Постанова Кабінету Міністрів України від 23.07.2024 р. № 847. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/847-2024-%D0%BF#Text (дата звернення 25.02.2025).

УДК 504

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ХІМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ РАДІАЦІЙНОМУ ЗАХИСТІ

Михно О.А.
ВСП «Машинобудівний фаховий коледж Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара»

Радіаційний захист є однією з найважливіших проблем у сферах атомної енергетики, медицини, космічних досліджень та промисловості. Іонізуюче випромінювання становить серйозну загрозу для здоров'я людини та навколишнього середовища, тому розробка ефективних методів захисту є пріоритетним напрямом наукових досліджень. Радіаційний захист – сукупність радіаційно-гігієнічних, проєктно-конструкторських, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки [2, с. 191].

Значний внесок у дослідження щодо застосування хімічних технологій та підходів при радіаційному захисті зробили вітчизняні вчені: І. Андріанова, В. Баштан, Л. Васько, О. Герасимов, В. Курятников, А. Кільян, В. Почерняєва, Л. Сідлецька, А. Співак, та ін.

Розвиток хімічних технологій у сфері радіаційного захисту розглянемо згідно таких підходів:

1. Хімічні матеріали для екранування радіації – створення ефективних бар'єрів для поглинання іонізуючого випромінювання.

2. Хімічний склад матеріалів відіграє вирішальну роль у їхніх захисних властивостях, оскільки ефективність екранування залежить від атомного номера елементів та їхньої щільності. Найефективнішими матеріалами для захисту від гамма-випромінювання та рентгенівських променів є сполуки важких металів, таких як свинець (Pb), вольфрам (W) і вісмут (Bi). Вони мають високу здатність поглинати високоенергетичне випромінювання та широко застосовуються у промисловості, медицині та атомній енергетиці.

Сучасні технології дозволяють використовувати ці метали, наприклад, в таких формах:

– композитні матеріали – полімери, модифіковані сполуками важких металів, які забезпечують не лише ефективний захист, а й легкість та гнучкість. Вони використовуються у виготовленні індивідуальних засобів захисту, таких як радіаційні костюми та мобільні екрани для медичних приладів;

– керамічні та склокристалічні матеріали – застосовуються в будівництві радіаційно-стійких споруд, таких як ядерні реактори та сховища радіоактивних відходів. Високощільні керамічні композити дозволяють створювати легші та міцніші конструкції порівняно з традиційними свинцевими плитами.

Останні дослідження також зосереджені на розробці борвмісних матеріалів, які ефективно поглинають нейтрони. Наприклад, карбід бору (B_4C) має високу нейтронопоглинальну здатність і використовується у виготовленні захисних панелей для ядерних реакторів та контейнерів для зберігання відпрацьованого ядерного палива. Інші перспективні матеріали включають полімери з вмістом бору, які поєднують захисні властивості та гнучкість у використанні.

2. Хімічні сорбенти та методи дезактивації – технології очищення середовища від радіонуклідів.

Радіоактивні ізотопи можуть накопичуватися у навколишньому середовищі, спричиняючи довготривалий вплив на екосистеми та здоров'я людини. Тому важливим

завданням є ефективне видалення радіонуклідів з води, ґрунту та будівельних конструкцій.

До основних методів дезактивації належать:

– цеоліти та силікатні сорбенти – природні та синтетичні цеоліти мають високу сорбційну здатність і широко використовуються для очищення води від радіоактивного забруднення, зокрема для поглинання ізотопів цезію-137 та стронцію-90. Цеоліти застосовуються у фільтрах на атомних електростанціях і в системах очищення води після ядерних аварій;

– хімічні реагенти для зв'язування радіонуклідів – фосфатні комплекси та ферроціаніди утворюють нерозчинні сполуки з радіонуклідами, що дозволяє ефективно осаджувати їх з рідких середовищ. Ці методи застосовуються у водоочисних спорудах та на об'єктах поводження з радіоактивними відходами;

– електрохімічні методи – основані на використанні електродних реакцій для осадження радіоактивних елементів на поверхні електродів або переведення їх у нерозчинні форми.

Окрім цього, активно розробляються біосорбенти на основі мікроводоростей та бактеріальних культур, які можуть ефективно поглинати та накопичувати радіонукліди, сприяючи природному самоочищенню довкілля.

3. Радіаційно-стійкі полімери та покриття – розробка матеріалів, які зберігають свої властивості під дією випромінювання.

Радіаційне випромінювання спричиняє деградацію полімерних матеріалів, що може призводити до втрати їхніх механічних властивостей, розтріскування та зміни структури. Для вирішення цієї проблеми створюються радіаційно-стабільні полімери, які зберігають свої характеристики навіть при тривалому опроміненні.

Серед таких матеріалів виділяють:

– поліаміди та фторполімери – відзначаються високою термічною та хімічною стійкістю. Вони використовуються для покриття поверхонь, що піддаються радіаційному впливу, а також для створення компонентів космічних апаратів, які повинні витримувати випромінювання у відкритому космосі;

– металооксидні нанопокриття – захисні покриття на основі оксидів титану (TiO_2) та алюмінію (Al_2O_3) підвищують стійкість полімерних матеріалів до іонізуючого випромінювання. Вони застосовуються в атомній енергетиці та у виробництві медичних приладів, які контактують із джерелами радіації.

Хімічні технології відіграють ключову роль у створенні сучасних матеріалів та методів, що забезпечують захист від радіації. Вони застосовуються для розробки захисних бар'єрів, поглиначів випромінювання, матеріалів для екранування та технологій дезактивації забруднених поверхонь. Хімічна технологія – переробка сировини із змінною хімічного складу та властивостей сировини [1, с. 8].

Таким чином, хімічні технології є невід'ємною частиною сучасних систем радіаційного захисту, які забезпечують як фізичний, так і біохімічний захист людини та довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Денисюк Р.О. Хімічна технологія : підручник. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2017. 350 с.

2. Іванов Є. Радіаційна екологія : навчально-методичний посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 217 с.

УДК 539.23: 539.26: 538.9: 537.22

ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АНОДНИХ ОКСИДІВ НІОБІЮ І ТАНТАЛУ

Старікова С.Л., *д.мед.н., професор,*
Стариков В.В., *PhD,*
Воронцов М.Ю.
Харківський національний медичний університет

Пасивацію поверхні медичних імплантатів можна суттєво посилити шляхом використання анодних оксидних плівок на основі Nb та Ta [1]. Однак ефективне використання таких оксидів потребує ретельного дослідження їх фізичних властивостей, насамперед пружності та твердості, що дозволить на їх основі створювати медичні імплантати, здатні зберігати свої параметри при тривалому контакті з живими тканинами без шкоди останнім.

Механічні випробування анодних оксидів проводили методом наноіндентування, значення твердості *H* та модуля пружності *E* поверхневого шару зразків були визначені за методом Олівера та Фара [2].

Результати випробувань аморфних оксидних плівок ніобію Nb_2O_5 з товщинами 20, 100 та 300 нм при малих навантаженнях на індентор (до 0,5 мН) представлені на рис. 1.

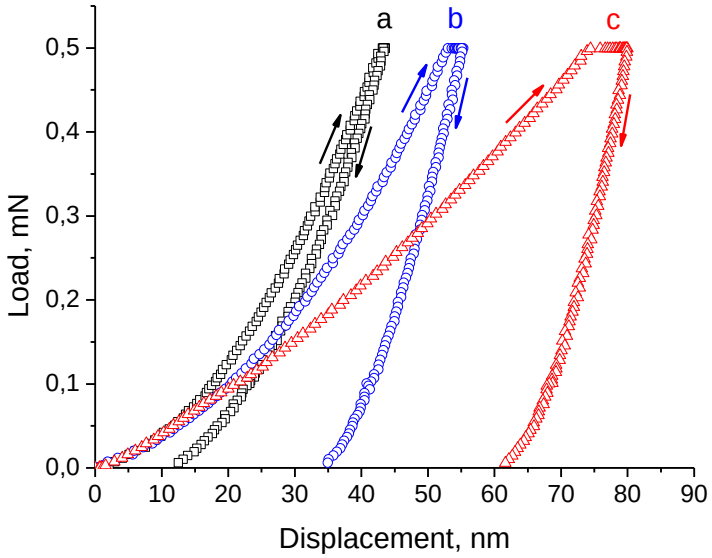


Рис. 1. Криві навантаження для систем Nb_2O_5/Nb з оксидними плівками завтовшки: *a* – 20 нм; *b* – 100 нм; *c* – 300 нм.

Для оксиду з товщиною шару 20 нм спостерігалося аномально високе пружне відновлення після деформації. Так крива *a* на рис. 1 при знятті навантаження практично поверталася у вихідну точку. Це не є характерним для керамічних матеріалів, котрі зазвичай демонструють досить високу залишкову деформацію. Такий результат для тонкої аморфної оксидної плівки можна пояснити її більш високою міцністю, твердістю та пружністю порівняно з металевою підкладкою. Аналогом такої поведінки може бути пружна мембрана, закріплена на м'якій основі, що не перешкоджає прогину мембрани.

Тонкий оксид демонстрував здатність до пружної деформації з досить високими значеннями. Величина прогину оксиду майже вдвічі перевищувала його товщину.

Незважаючи на майже повну відсутність пластичної деформації при вибраних навантаженнях діаграма навантаження для зразка з тонким шаром Nb_2O_5 мала нелінійний характер, що зв'язувалося з заокругленням вістря індентора Берковича (r ~ 150 нм), тобто з переходом від втискання кулястого тіла у початковий момент деформації до вдавлювання тригранної піраміди на наступних етапах.

Збільшення товщини оксиду до 100 нм і, тим більше, до 300 нм знижувало ефект, пов'язаний з високою пружністю оксиду і легкою деформацією м'якої металевої підкладки, і супроводжувалося зростанням пластичної складової деформації (рис. 1 b, c), що аналогічно поведінці керамічних матеріалів, які демонструють незначну деформацію.

У табл. 1 наведено результати визначення модуля пружності E та твердості H для оксидних плівок Nb_2O_5 та Ta_2O_5. Дані представлені для оксидів різних товщин у порівнянні з даними, отриманими для Nb та Ta, покритих природною оксидною плівкою товщиною ~ 1 нм, що утворюється при контакті цих металів з киснем повітря.

Таблиця 1. Модуль пружності E та твердість H ніобієвих та танталових оксидних плівок у двошарових системах метал-оксид

Метал підкладки	Оксид		E, ГПа	H, ГПа
	Тип	Товщина, нм		
Nb	Природний	~ 1 нм	110 ± 6	2,13 ± 0,16
	Анодний	20 нм	106 ± 7	2,12 ± 0,20
		100 нм	105 ± 9	2,21 ± 0,31
		300 нм	100 ± 10	3,96 ± 0,90
Ta	Природний	~ 1 нм	190 ± 4	2,43 ± 0,10
	Анодний	20 нм	193 ± 7	2,60 ± 0,06
		100 нм	175 ± 6	2,75 ± 0,07
		300 нм	194 ± 5	8,43 ± 0,22

Модулі пружності оксиду і металу близькі як для Nb, так і для Ta. Твердість тонких анодних оксидних плівок мало відрізняється від твердості металу. Відмінності у твердості виявляються лише при суттєвому збільшенні товщини оксиду. Крім того, для товстих оксидів, порівняно з тонкими, як при вимірах у різних точках поверхні, так і при вимірах, пов'язаних з різною глибиною втискання індентора, спостерігається великий розкид за твердістю, що свідчить про їхню неоднорідність. При русі вглиб оксиду його твердість збільшувалася, тоді як поверхня демонструвала властивості, характерні для більш пухкого шару.

Зі збільшенням навантаження до значень 10 мН на залежностях спостерігалася сходинка, що характеризувала вільне переміщення індентора без збільшення навантаження та зв'язувалася з руйнуванням оксидного шару.

ЛІТЕРАТУРА

1. Starikov, V.V., Starikova, S.L., Mamalis, A.G., Lavrynenko, S.N. (2016). Features of medical implant passivation using anodic oxide films. Journal of Biological Physics and Chemistry. 16. 2. 90–94.

2. Oliver, W.C., Pharr, G.M. (1992). An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. Journal of Materials Research. 7. 6. 1564–1583.

УДК 666.946

ВІТЧИЗНЯНІ ДЕКОРАТИВНІ БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ НА ОСНОВІ ДОЛОМІТУ ПОЛТАВСЬКОГО РЕГІОНУ

***Тараненкова В.В.*[1]**, *д.т.н., доцент,*
***Корекян П.М.*[1]**,
***Миргород О.В.*[2]**, *к.т.н., с.н.с., доцент,*
***Пирогов О.В.*[2]**, *к.т.н., доцент,*
***Репетило А.В.*[2]**
[1]*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*
[2]*Національний університет цивільного захисту України*

Сучасний ринок пігментів пропонує широкий асортимент продукції, але не всі її зразки задовольняють вимогам споживачів, особливо щодо кольорової гами. Неорганічні пігменти характеризуються високою світло- і атмосферостійкістю, проте, найбільше різноманіття та яскравість забезпечують саме органічні пігменти.

У зв'язку із суттєвим підвищенням вартості енергоресурсів, що призвело до подорожчання портландцементу, в Україні все більше уваги приділяється вивченню та застосуванню магнезіальних в'яжучих. Однією з переваг магнезіальних в'яжучих речовин є значно менші енергетичні витрати на їх виробництво, порівняно з виробництвом вапна та портландцементу.

Будівельні матеріали на основі магнезіальних в'яжучих, які називають магнолітами, характеризуються низкою цінних властивостей, що необхідні для створення екологічних матеріалів [1]:

– високою механічною міцністю при стисканні у початковий термін тверднення, а міцність на згин у 3–5 рази перевищує традиційні бетони;

– пожежною безпекою – при достатній масивності конструкції з магноліту витримують пожежу 5-ої категорії без деструкції матеріалу та виділення будь-яких канцерогенних речовин;

– малою діелектричною проникністю та електропровідністю – магноліти використовуються для захисту від електромагнітного випромінювання, їх поверхні не електризуються, що виключає утворення іскор;

– атмосферостійкістю, стійкістю до дії масел, нафтопродуктів і солей;

– фунгіцидністю та бактеріцидністю, що перешкоджає розвитку грибків і бактерій, а гірко-солоний смак – появі комах та гризунів;

– декоративністю – можливість імітування багатьох природних матеріалів, завдяки сумісності с різними пігментами.

Також суттєвими перевагами магнезіальних в'яжучих речовин є: підвищені (порівняно з іншими в'яжучими) показники межі міцності на вигін; щільна структура затверділого магнезіального каменю; висока міцність зчеплення з заповнювачами при виготовленні магнезіальних бетонів і розчинів, а також досить висока корозійна стійкість.

На відміну від традиційних видів в'яжучих магнезіальні в'яжучі замішуються не водою, а розчинами хлорних та сульфатних солей магнію [2–4].

Беручи до уваги все вище викладене, метою нашої роботи було одержання кольорової доломітової цегли на основі розчину бішофіту, який є супутнім продуктом газовидобування в Полтавській області, з використанням пігментів неорганічного та органічного походження, а також дослідження фізико-механічних властивостей розроблених будівельних матеріалів. Випал доломіту здійснювався в лабораторній муфельній печі. Фізико-механічні властивості отриманого доломітового в'яжучого досліджувалися відповідно до методики малих зразків М.І. Стрелкова.

Визначено, що раціональна температура першого ступеня розкладання доломіту складає 700 °С. Границя міцності при стиску каустичного доломіту, замішаного розчином Затуринського бішофіту у віці 1 доби дорівнює 65 МПа, у віці 7 діб – 88 МПА, а після 28 діб тверднення – 92 МПа.

Зразки доломітової цегли піддавалися фізико–механічним випробуванням, які включали визначення границі міцності на стиск та морозостійкості. Випробування здійснювалися відповідно до методик, викладених в роботах.

Як свідчать отримані результати, зразки кольорової цегли характеризуються високою механічною міцністю, яка сягає 26,0–27,5 МПа, тобто їх механічна міцність вище ніж у звичайної силікатної цегли, яка становить 20 МПа.

Встановлено, що всі зразки витримали 25 циклів заморожування-відтаювання (-15 °С; +15 °С). На рисунку 1 наведено фото зразків після випробувань. Як свідчать отримані результати, усі зразки витримали 25 циклів, на поверхні зразків не спостерігалося слідів руйнування, тріщин, сколів та висолів. Проте, зразки на основі ДФП-л та ДФП-з мають деякі руйнування на ребрах.

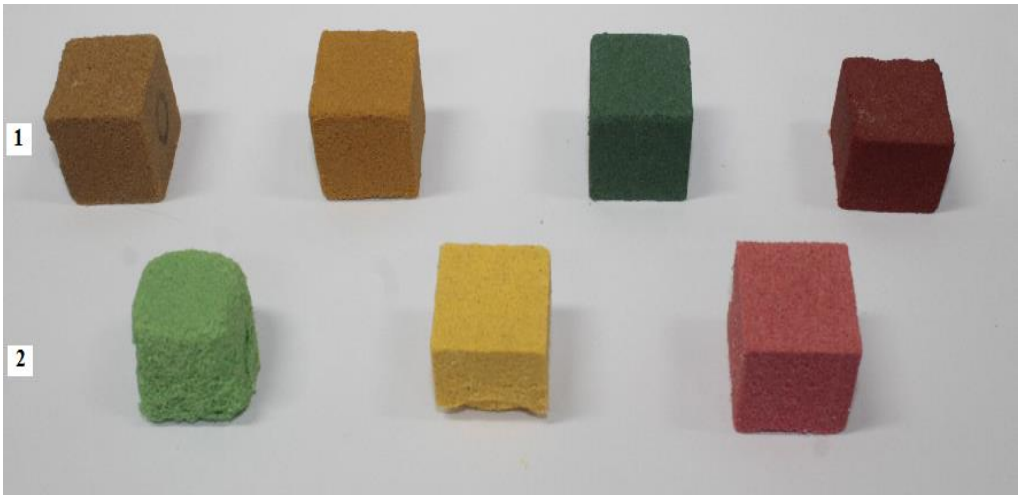


Рис. 1. Фото зразків доломітової цегли після 25 циклів випробувань на морозостійкість: 1 – зразки на основі залізоокисних пігментів; 2 – зразки на основі ДФП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ahmad, F., Rawat, S., Zhang, Y. (2024). Magnesium Oxychloride Cement: Development, Opportunities and Challenges. Applied Sciences. 14. 7. 3074.

2. Walling, S.A., Provis, J.L. (2016). Magnesia-Based Cements: A Journey of 150 Years, and Cements for the Future? Chemical Reviews. 116. 7. 4170–4204.

3. Крамар Л.Я., Черних Т.Н., Орленко А.А., Трофименко Б.Я. Мінеральні в’яжучі на основі високомагнезійного природньої сировини: монографія. 2012. 146 с.

4. Пащенко О.О., Сербін В.П., Страчевська О.О. В’яжучі матеріали. К.: Вища школа, 1995. 416 с.

УДК 662.74:614.833

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЯК ПАРАМЕТРУ ОРГАНІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ КАРБОНІЗОВАНИХ ЗАЛИШКІВ

Трегубов Д.Г., *к.т.н., професор,*
Майборода А.О., *к.пед.н., доцент,*
Гапон Ю.К., *к.т.н., доцент,*
Журбинський Д.А., *к.т.н., доцент,*
Баланда А.О.
Національний університет цивільного захисту України

Карбонізовані залишки утворюються під час піролізу твердих горючих матеріалів 2-го роду. Їх або отримують для технологічних потреб, або вони є побічним продуктом контрольованого та неконтрольованого горіння (пожежі). Ступінь перетворення матеріалу у кінцеву карбонову структуру (аморфну або кристалоподібну) залежить від його вихідної будови, термічної стійкості, часу впливу і температури витримування. Чим більше при цьому утвориться анізотропних структур, чим більшим буде їх розмір, чим щільнішим буде контакт між «зернами» структури – тим меншим буде питомий електричний опір (ПЕО). Тоді цей параметр стає маркером глибини та напрямку структурних перетворень та може говорити як про готовність коксу для металургійного процесу, так й бути індикатором термічних умов, у яких перебував матеріал. Водночас, ПЕО залежить й від наявності домішок у матеріалі, наприклад, сірки [1].

ПЕО є стандартним показником як якості коксу, так й обвугленості речовини на пожежі. Його визначають як падіння напруги на спресованому стовпчику подрібненої та стиснутої карбонізованої речовини фракції <0,2 мм в матриці між пуансонами під тиском 20 МПа за умови дії постійного струму, що корелює з наявністю анізотропних структур та ступенем перевуглення твердої органічної речовини [2, 3]. Це дозволяє оцінити частку анізотропних структур мікробудови речовини, але мало говорить про їх агрегацію у макробудову, про міцність, розвиненість внутрішньої поверхні, про реакційну здатність кускового коксу, який використовується у металургії. Подрібнення руйнує макробудову матеріалу, фактичні зв’язки між «зернами», що псує інформацію щодо глибини структурних перетворень.

Досліджено спосіб вимірювання ПЕО карбонізованих матеріалів у насипному зернистому стані у холодних та гарячих умовах досліду [4]. Експрес-вимірювання проводять за час нагрівання проби до 670 °С зі сталою швидкістю 300 ^{o}С·хв.$^{-1}$ без подавання повітря та з заповненням 90 % об’єму барабана, при цьому реєструють вольт-амперну характеристику процесу нагріву, за якою визначають умовний електроопір холодного та гарячого стану проби для оцінки міцності та реакційної здатності матеріалу. Пробу фракції 6–10 мм з об’ємом 450 см^3 витримують у термостійкому неструмопровідному барабані об’ємом 500 см^3 (30 об.·хв.$^{-1}$). Обертання необхідно для поновлення електричних контактів між частинками проби, інтенсифікації мікродугового режиму та вивільнення мікрозерен, які втратили зціплення з матеріалом коксу [5]. Нагрів проби ведеться електроконтактним шляхом за рахунок пропускання електричного перемінного струму з керованою напругою починаючи зі стандартної температури. Стала швидкість нагріву забезпечує однаковий температурний вплив на досліджувану пробу під час вимірювання. Наявність повітря в об’ємі апарату в даному режимі особливої ролі не відіграє, оскільки за температур менших до 600 °С активна реакція карбонізованої речовини з повітрям ще не починається. Обраний об’єм проби забезпечує малий шлях пересипання та майже виключає її механічне стирання, тому об’єм проби протягом вимірювання залишається сталим.

Вимірюють динаміку зміни напруги та струму з визначенням середніх показників за кожні 5 с досліду. Визначають умовний електроопір проби за перші та останні 5 с досліду, проводять перерахунок на одиницю маси проби. Протягом перших та останніх 5 с досліду підтримують напругу 40 В, після перших 5 с корегують напругу, щоб вийти на графік нагріву, після останніх 5 с – вимикають живлення. Умовний електроопір приймають на основі значення середньої амплітуди струму протягом 5 с досліду з урахуванням зміни електроопору протягом нагріву. Розроблено також альтернативний показник електропровідності – як час нагріву проби до заданої температури за умови сталої напруги живлення, який стає усередненим показником «гарячого» та «холодного» електроопору.

Перерахунком результатів вимірювання аизначають: умовний електроопір: $\rho_{умов}=(R_г^2+\Delta R)/(mR_г)$; структурну міцність: $M_с=103{,}41–2{,}384\rho_{умов}$, %; реакційну здатність: $K=0{,}0771(\rho_{умов}–4)+0{,}2952$, $см^3/(г·с)$; уявна густину кускового матеріалу: $\rho_{уяв}=1{,}1997–0{,}0323\rho_{умов}$, Ом·см; ПЕО: $\rho_{реч}=0{,}0157\ \rho_{умов}–0{,}0251$, Ом·см; де $R_г$ – розрахований опір барабану з пробою у гарячому стані, Ом; ΔR – зменшення електроопору за нагріву до 670 °С, Ом; m – маса проби, кг.

Під час аналізу результатів вимірювання й обчислення враховують наступне: чим менше «холодний» електроопір – тим крупніші анізотропні структури та міцніше їх агрегування у будову коксу. Значна різниця між «холодним» і «гарячим» електроопором свідчить про неготовий кокс і слабкість агрегування анізотропних структур у загальний каркас. Більшу кореляцію надає перерахунок на масу проби.

В цілому, для електропровідності металургійних коксів у мікродуговому режимі для зернистої проби отримано більші кореляції (0,92–0,94) з такими складовими аналізу якості як: уявна густина, ПЕО речовини коксів, структурна міцність; посередні кореляції (0,83–0,85) отримано для реакційної здатності та ступеню газифікації, незначні (0,5–0,7) – для густини речовини коксу, вологості, горючості, структурної міцності за Гінзбургом, стандартного визначення газифікації, відсутні кореляції – для зольності, виходу летючих компонентів, вмісту сірки. У той же час, для окремих металургійних коксів відмічено значне збільшення ПЕО зі збільшенням вмісту золи; а також зі збільшенням вмісту летких компонентів, що може свідчити про різного роду поєднання цих домішок зі структурою різних зразків коксу. При цьому важливо відмітити, що ПЕО, виміряний на приладі «мікропрес», має з цими показниками менші кореляції та не більше ніж 0,81; виключенням, саме з кореляцією 0,81, є залежність від вологості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tregubov, D.G., Miroshnichenko, D.V. (2005). Methods of decrease in sulfur content in coke (review). Coke and chemistry. 6. 21–28.

2. Кокс. Метод визначення питомого електричного опору порошку коксу кам’яновугільного. ДСТУ 8831:2019. К.: УкрНДНЦ, 2019. 18 с.

3. Щербак О.С. та ін. Аналіз методів дослідження термічних уражень конструкцій внаслідок пожежі на об’єктах критичної інфраструктури. Комунальне господарство міст. Технічні науки та архітектура. 2022. Т.6. С. 111–120.

4. Спосіб електричної оцінки якості коксу: пат. 116026 UA. / Трегубов Д.Г. та ін.; заяв. та патентовл. НУЦЗ України – u 2023 04462; заявл. 21.09.2023; опубл. 01.05.2024, бюл. № 18. 3 с.

5. Трегубов Д.Г. Застосування методу термічного випробування матеріалів у обертовій камері. Проблеми пожежної безпеки. 2013. № 34. С. 161–166.

УДК 614.842

ОБҐРУНТУВАННЯ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ

Цапко Ю.В., *д.т.н., професор,*
Бондаренко О.П., *к.т.н., доцент,*
Цапко О.Ю., *PhD, ст. досл., доцент,*
Каверін К.О., *к.т.н., доцент*
Київський національний університет будівництва і архітектури

Значна кількість пожеж виникають у житловому секторі, громадських і виробничих будинках, транспорті, де деревина та дерево-полімерні матеріали, що присутні у виді виробів і їх загоряння є основною причиною пожежі. Відомо, що під дією температури горять продукти розкладу деревини, а уведення в матеріал антипіренів зменшує кількість утворення горючих летких продуктів, інгібує газофазні реакції полум'я, виключає безполуменеве горіння карбонізованого залишку та знижує швидкість втрати маси. Застосування покриттів дозволяє сповільнювати прогрівання матеріалу за рахунок утворення захисного шару і зберігати свої функції при пожежі протягом заданого періоду часу [1, 2]. Про те, пожежі, що сталися протягом останніх років, показали підвищення небезпечних факторів пожежі, зокрема, високої температури. Оскільки в останній час розширилась номенклатура участі у пожежах різних синтетичних матеріалів, вуглеводнів, здатних при згоранні до високого тепловиділення. Тому встановлення механізму роботи вогнезахисного покриття для деревини за підвищених температур, дослідження швидкості вигорання деревини і впливу покриття на цей процес є невирішеною складовою забезпечення вогнестійкості. І, відповідно, визначає необхідність проведення таких досліджень.

Для встановлення горючості деревини використовували зразки прямошарової деревини сосни розміром 150×60×30 мм, густиною 450…470 кг/м^3, які обробляли вогнезахисними покриттями: вогнезахисним реактивним вогнезахисним спучуючим покриттям («ФАЄРВОЛ-ВУД»); неорганічним покриттям на основі алюмосилікатних в'яжучих речовин.

Склади пошарово наносили на поверхню зразків деревини з витратою: неорганічного покриття у кількості 440 г/м^2 та реактивного у кількості 270 г/м^2. Після сушіння до постійної маси проводили випробування, як оброблених так і необробленого зразків деревини.

Експериментальними дослідженнями підтверджено, що необроблений зразок деревини під термічною дією зайнявся, полум'я поширилося по всій поверхні, що призвело до його згорання з втратою маси понад 60 %, а температура димових газів збільшилася 500 °С за 60 с випробування. При обробленні деревини неорганічним покриттям на поверхні деревини утворюється термостійка керамічна плівка, яка знижує процес втрати маси у 5,3 рази, температура димових газів досягла значення понад 200 °С. Застосування спучуючого покриття під дією температурного впливу приводить до утворення шару пінококсу та гальмування теплопередачі високотемпературного полум'я до матеріалу і зниження втрати маси до 6,6 г/(м^2·с) та температури менше 160 °С.

Для встановлення індексу поширення полум'я були проведені випробування необроблених зразків деревини. При дії полум'я на необроблені зразки деревини на 21 с відбувалось їх займання, температура становила 367 °С та інтенсивне поширення полум'я поверхнею (рис. 1), індекс поширення полум'я склав 43,5. Потім були проведені випробування зразків, які були оброблені вогнезахисними покриттями.



а б

Рис. 1. Вигляд зразків під час випробувань: а – незахищеної деревини; б – захищеної покриттям.

Займання деревини під термічною дією високотемпературного полум'я, на що вказують результати досліджень, проходить шляхом його розкладання та характеризується втратою маси зразка і поширенням полум'я поверхнею. Натомість для захищеного зразка, за рахунок дії антипіренів, процеси займання і поширення полум'я значно уповільнюються. При обробленні деревини неорганічним покриттям на поверхні деревини утворюється термостійка керамічна плівка, яка знижує швидкість вигорання. Але з підвищенням температурного впливу теплопровідність підвищується до критичної температури і зразок деревини розкладається, що підтверджується підвищенням втрати маси. Застосування спучуючого покриття під дією температурного впливу приводить до утворення шару пінококсу та гальмування теплопередачі високотемпературного полум'я до матеріалу і зниження швидкості вигорання. Окрім того, проходять процеси розкладу покриття з виділенням газів і утворенням на поверхні деревини теплозахисного шару пінококсу.

Висновки. Під час дослідження індексу поширення полум'я було встановлено, що при дії полум'я на необроблені зразки деревини на 21 с відбувалось їх займання, температура становила 367 °С та інтенсивне поширення полум'я поверхнею, індекс поширення полум'я склав 43,5. Під час випробувань зразків вогнезахищеної деревини було отримані наступні значення, а саме, зразок деревини оброблений неорганічним покриттям зайнявся на 890 с, поширення полум'я поверхнею відбулося тільки на першу ділянку, максимальна температура димових газів становила 82 °С за час більший понад 2,5 рази, а індекс поширення полум'я знизився у 6,5 рази. Для зразка деревини обробленої вогнезахисним спучуючим покриттям займання деревини не відбулося, індекс поширення полум'я склав 0.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tsapko, Yu., Kyrycyok, V., Tsapko, A., Bondarenko, O., Guzii, S. (2018). Increase of fire resistance of coating wood with adding mineral fillers. MATEC Web of Conferences. 230. 02034. DOI: 10.1051/matecconf/201823002034

2. Tsapko, Yu., Bondarenko, O., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Buyskikh, N. (2021). Research activation energy in thermal modification of wood. E3S Web of Conferences. 280. 07009. DOI: 10.1051/e3sconf/202128007009

УДК 504.06:620.3:628.5

ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНІХ БІОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ НАСЛІДКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ

Цехмістренко С.І., *д.с.-г.н., професор,*
Бітюцький В.С., *д.с.-г.н., професор*
Білоцерківський національний аграрний університет

Забруднення водних ресурсів є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності, особливо в умовах війни. Агресія рф проти України спричинила масштабне порушення природного гідробалансу, що проявляється в забрудненні поверхневих і підземних вод через витоки нафтопродуктів, руйнування промислових та енергетичних об'єктів, розповсюдження бойових хімічних агентів і радіонуклідів. Наслідком цього є значна зміна фізико-хімічних параметрів водних екосистем, що вимагає застосування комплексних підходів до очищення та відновлення гідробіоценозів.

Одним із перспективних методів біотехнологічної ремедіації є біосорбція та біоакумуляція, які передбачають використання мікроорганізмів, водоростей і грибів для вилучення іонів важких металів та органічних полютантів [2]. Мікроводорості, зокрема представники роду *Chlorella* та *Scenedesmus*, продемонстрували високу ефективність у зв'язуванні кадмію, свинцю, ртуті та міді за рахунок процесів поверхневої адсорбції та внутрішньоклітинної акумуляції. Бактеріальні штами *Pseudomonas putida* та *Bacillus subtilis* є ключовими агентами біодеструкції нафтопродуктів і фенольних сполук, тоді як базидіоміцети, зокрема *Trametes versicolor*, ефективно розкладають поліциклічні ароматичні вуглеводні.

Біофільтраційні системи є важливим компонентом біоінженерних стратегій очищення води, що базуються на використанні пористих носіїв (наприклад, цеоліту, активованого вугілля, кремнезему, гідрогелів або синтетичних полімерів), заселених мікробними консорціумами. Основні механізми функціонування таких систем включають біоадсорбцію, біодеградацію та біокаталіз. У процесі біофільтрації мікроорганізми формують біоплівки на поверхні носія, що підвищує їхню стійкість до екстремальних умов довкілля та сприяє більш ефективному розщепленню забрудників. Зокрема, додавання наночастинок металів (Ag, TiO_2, ZnO, Fe_3O_4) забезпечує не лише антибактеріальну активність, а й фотокаталітичне окиснення органічних забрудників під дією ультрафіолетового випромінювання. Крім того, магнітні наночастинки Fe_3O_4 можуть бути використані для полегшення регенерації біофільтрів, що дозволяє їхнє багаторазове використання у промислових системах очищення води [1].

Мікробіологічна деградація токсикантів є одним із ключових напрямків біотехнологічного очищення води, що включають окиснення, відновлення та кометаболізм стійких органічних забруднювачів, таких як поліциклічні ароматичні вуглеводні (PAHs), поліхлоровані біфеніли (PCBs) та вибухові речовини.

Бактерії *Deinococcus radiodurans*, завдяки ефективним механізмам репарації ДНК та унікальній радіорезистентності, здатні детоксикувати високоенергетичні вибухові речовини, такі як тротил і циклотриметилен-тринітрамін. Дослідження показали, що ці мікроорганізми використовують ферменти нітроредуктази та оксидоредуктази для розщеплення нітрогруп у структурах вибухових речовин, перетворюючи їх на нетоксичні сполуки.

Для підвищення ефективності біодеструкції в останні роки активно використовуються синтетично сконструйовані штами бактерій із модифікованими біокаталітичними шляхами, що дозволяє значно збільшити швидкість деградації забрудників. Наприклад, генетично модифіковані *Pseudomonas putida* з додатковими

ферментами оксигеназного комплексу демонструють високу ефективність у руйнуванні хлорорганічних пестицидів та гербіцидів. Таким чином, мікробіологічна деградація є перспективним і екологічно безпечним підходом до очищення забруднених водних ресурсів.

Фітотехнології як напрям біоремедіації передбачають використання рослин для вилучення та акумуляції забруднювачів. Серед найбільш перспективних видів варто відзначити *Phragmites australis* (очерет звичайний), *Salix spp.* (верба) та *Lemna minor* (ряска), які ефективно акумулюють важкі метали та органічні токсиканти з водного середовища. Розвиток генно-модифікованих фіторемедіаторів відкриває нові можливості для підвищення швидкості та ефективності детоксикації забруднених водойм [3].

Ензиматична детоксикація є сучасним напрямом у біотехнологічному очищенні води, що базується на використанні оксидоредуктаз, таких як лаккази, пероксидази та монооксигенази. Лаккази, які продукуються грибами *Coriolus versicolor* та *Pleurotus ostreatus*, демонструють здатність до окиснення фенольних забрудників, а хлорогенні пероксидази успішно розкладають стійкі хлорорганічні пестициди. Застосування ензиматичних нанокомпозитів дозволяє підвищити стабільність та каталітичну активність ферментів у реальних умовах експлуатації.

Для ефективного впровадження біотехнологічних методів очищення водних ресурсів в Україні необхідно реалізувати ряд стратегічних заходів:

- проведення комплексних досліджень щодо ефективності мікробних та ензиматичних методів у різних екологічних умовах;
- створення національної мережі пілотних біоремедіаційних станцій для тестування новітніх технологій у реальних умовах забруднених водойм;
- інтеграція біотехнологічних методів у систему державного моніторингу якості води та розробка нормативної бази для їх впровадження;
- розширення міжнародного співробітництва та залучення інвестицій для впровадження новітніх екологічних технологій.

Високий рівень забруднення водних ресурсів внаслідок військових дій вимагає негайних наукових і технологічних рішень. Біотехнології відіграють ключову роль у розробці ефективних методів детоксикації та ремедіації водних екосистем. Інтеграція біоінженерних рішень у екологічну політику сприятиме зменшенню антропогенного навантаження на довкілля, забезпеченню чистоти водних ресурсів та створенню стійких екологічних систем для майбутніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., Мельниченко О.М. Екологічні біотехнології «зеленого» синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270 с.

2. Hussain, M.K., Khatoon, S., Nizami, G., Fatma, U.K., Saquib, M. (2024). Unleashing the power of bio-adsorbents: efficient heavy metal removal for sustainable water purification. Journal of Water Process Engineering. 64. 105705.

3. Malik, S., Khyalia, P., Laura, J.S. (2024). Conventional methods and materials used for water treatment in rural areas. In Water resources management for rural development. 79–90.

УДК 623.459

МОНІТОРИНГ ЗАГРОЗ ХІМІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Чиркіна-Харламова М.А., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

В сучасних умовах існування світового суспільства, коли відбувається наростання загального міжнародного фону конфліктності все реальнішими стають загрози масштабних міжнаціональних та міждержавних конфліктів. В цих умовах ймовірними є загрози аварій чи спеціально створених терористичних актів, чи нанесених ракетних ударів по хімічно небезпечним об'єктам держав. Особливо дані небезпеки характерні для української держави.

Впродовж 2024 року в Україні, за оперативними даними [1], зареєстровано 106 надзвичайних ситуацій (далі – НС), які відповідно до Національного класифікатора «Класифікатор надзвичайних ситуацій» ДК 019:2010 розподілилися на: НС техногенного характеру – 34; НС природного характеру – 67; соціальні НС – 5. У 2024 році найбільшу кількість НС зареєстровано на території Закарпатської та Харківської областей (по 13 НС в кожній), а також у Донецькій області (11 НС). У Київській та Миколаївській областях виникло по 9 НС, Волинській – 7 НС. На території Львівської, Полтавської, Чернігівської та Черкаської областей зареєстровано по 5 НС, у Дніпропетровській, Івано-Франківській та Сумській областях – по 4 НС, у Вінницькій, Житомирській, Кіровоградській, Рівненській, Тернопільській, Чернівецькій областях та м. Києві – по 3 НС. По одній НС зафіксовано у Запорізькій, Одеській, Херсонській та Хмельницькій областях. Порівняно з 2023 роком, загальна кількість НС у 2024 році зменшилася на 3,6 %, також зафіксовано зменшення на 30,6 % кількості НС техногенного характеру, загальної кількості загиблих та постраждалих в НС (майже на 7 % та 67 % відповідно). Натомість у 2024 році спостерігалося зростання кількості НС природного характеру та соціальних НС [1].

Але під час війни зростає загроза хімічних аварій на об'єктах інфраструктури, які можуть призвести до катастрофічних наслідків для населення. Поняття протидії хімічним загрозам є надзвичайно актуальним для держави в умовах воєнного стану, адже в державі є ряд об'єктів підвищеної хімічної небезпеки. Потенційні ризики є суттєво вищими на сьогоднішній день, коли хімічно небезпечні об'єкти, підприємства та склади можуть стати мішенню під час бойових дій або постраждати від помилкового обстрілу. Факторами небезпеки викиду (виливу) хімічно небезпечних речовин є забруднення навколишнього середовища, небезпека для всього живого, що опинилося на забрудненій місцевості, крім того, внаслідок можливої хімічної аварії – виникнення сильних руйнувань на значній території. Атаки ворожої артилерії (авіації, ракет, диверсійних груп) легко можуть призвести до пошкодження та руйнування технологічного обладнання, що може стати причиною масового викиду отруйних речовин та хімічного ураження людей.

Моніторинг хімічних загроз – виявлення та аналіз потенційних загроз хімічній безпеці, – має величезне значення для забезпечення безпеки людей, захисту навколишнього середовища та попередження можливих надзвичайних ситуацій, а особливо є критично важливим у контексті національної безпеки, оскільки він допомагає виявляти і реагувати на можливі хімічні атаки (наприклад, з використанням хімічної зброї). Він може стати основним елементом системи раннього попередження, що дозволяє вжити профілактичні заходи для захисту населення [2].

Моніторинг загроз хімічній безпеці здійснюється з метою оперативного виявлення загроз хімічній безпеці, перевірки рівня загроз хімічній безпеці з відомих джерел, здійснення відповідних заходів щодо мінімізації таких загроз і ризиків, а також з метою перевірки ефективності реалізованих заходів щодо мінімізації загроз хімічній

безпеці та контролю ризиків. Виявлені загрози хімічній безпеці, а також заходи щодо їх мінімізації вносяться до Реєстру загроз хімічній безпеці [3]. Моніторинг загроз хімічній безпеці складається з пошуку та збору даних за ознаками наявності загроз хімічній безпеці; аналізу отриманих даних, розподілу виявлених загроз за ступенем ризику, пошуку взаємозв'язку між виявленою загрозою та її джерелом; звітом за результатами здійснення моніторингу.

Ознаками наявності загроз хімічній безпеці є інформація про забруднення небезпечними хімічними речовинами довкілля та/або його об'єктів, отримана державною системою моніторингу довкілля; забруднення небезпечними хімічними речовинами питної води; рівень забруднювальних (небезпечних) речовин, залишків пестицидів та ветеринарних препаратів у харчових продуктах та кормах; гострі та хронічні отруєння хімічними речовинами серед населення та інформація про встановлений взаємозв'язок між захворюванням та тривалим незначним впливом хімічних речовин та інша інформація про небезпеку та ризики, зазначена в Інформаційній системі забезпечення хімічної безпеки. Моніторинг загроз хімічній безпеці та виявлення їх джерел проводить Міндовкілля. Порядок проведення моніторингу загроз хімічній безпеці та виявлення їх джерел визначає процедуру проведення моніторингу загроз хімічній безпеці та виявлення їх джерел і ведення Реєстру загроз хімічній безпеці [4].

Отже, моніторинг хімічних загроз дозволяє оперативно реагувати на НС і вживати заходи для захисту населення, а також дозволяє оцінювати ефективність заходів, що вживаються, для боротьби з хімічними загрозами, і вносити необхідні корективи в державну або місцеву стратегію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні у 2024 році. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. URL: https://dsns.gov.ua/ (дата звернення: 13.03.2025).

2. Слепужніков Є.Д., Гапон Ю.К., Чиркіна М.А., Колтунов Д.С. Моніторинг стану навколишнього середовища за допомогою постів радіаційного та хімічного спостереження. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. С. 198–199.

3. Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією. Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією : Закон України від 01.12.2022 р. № 2804-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2804-20#Text (дата звернення: 13.03.2025).

4. Про затвердження Порядку проведення моніторингу загроз хімічній безпеці та виявлення їх джерел : Постанова Кабміну України від 06.08.2024 року № 891. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/891-2024-%D0%BF#Text (дата звернення: 13.03.2025).

УДК 621. 723

МОДЕЛЮВАННЯ ДИФУЗІЙНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ АЗОТУ У СТАЛІ ПРИ КОМПЛЕКСНОМУ ІОННОМУ АЗОТУВАННІ

***Шевченко С.М.*[1,2]**, *к.т.н., доцент,*
***Горова О.П.*[1]**, *к.т.н.,*
***Погрібний М.А.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Васильченко О.В.*[3]**, *к.т.н., доцент,*
***Реброва О.М.*[1]**, *к.т.н., доцент*
[1]*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,*
[2]*Харківський національний автомобільно-дорожній університет,*
[3]*Національний університет цивільного захисту України*

Комплексне іонне азотування (КІА) є спосіб глибинного азотування за рахунок спільної дії двох процесів: іонного азотування та наступної термічної обробки виробів з легованих сталей 9ХС, Р6М5, Х12МФ. Технологія КІА базується на іонному азотуванні з використанням двоступеневого вакуумно-дугового розряду в газовому середовищі і дозволяє в єдиному технологічному процесі, що включає в себе азотування (азотований шар 80 мкм, мікротвердість 11 ГПа) з наступною високотемпературною термічною обробкою (гартування з відпуском або нормалізування), значно інтенсифікувати процес зміцнення поверхневого шару виробу, поширити глибину азотованого шару до 250 мкм. Дана комплексна технологія на базі іонного азотування дозволяє збільшити ресурс роботи деталі в 1,5–1,8 рази без переточувань. Особливістю комплексної технології є – утворення зневуглецьованого шару, який належить обов'язково прибирати кінцевою механічною обробкою.

Для КІА дуже важливий етап – це операція термообробки після іонного азотування, в якій відбувається перерозподіл концентрації азоту вглибину деталі за рахунок дифузії азоту з поверхневого шару при високотемпературному нагріві та витримки.

При збільшенні часу витримки утворюється більш глибокий зневуглецьований шар, що не бажано.

Визначити час витримки при термічної обробки (гартуванні або нормалізуванні), коли азот перерозподілиться на певну глибину з азотованого шару є актуальним завданням. При моделюванні дифузійного процесу перерозподілу азоту у сталі в процесі КІА важливо встановити вид дифузії для правильного, обґрунтованого вибору коефіцієнта дифузії, що буде впливати і на розрахунок часу витримки.

Аналіз наукових робіт, присвячених технологіям іонного азотування та термообробки показав відсутність прогнозування впливу часу витримки на глибину легування азотом та обґрунтування вибору коефіцієнта дифузії.

Маючи експериментальні дані, які були закладені в геометричну модель x=80 мкм і час іонно- плазмового азотування 3600 с при температурі азотування 560 °С отримали коефіцієнт дифузії порядку десять в мінус 12 м^2/с ($D = 4{,}85 \cdot 10^{-12}$ м^2/с). Такого порядку значення коефіцієнта дифузії азоту в γ-залізі відповідає дифузії по границях зерен при 560–600 °С, що в нашому випадку і є. Тоді значення енергії активації дифузії вибираємо для зерномежевої дифузії: 108474 Дж. Таким чином встановлюємо, що при операції іонно-плазмовому азотуванні відбувається дифузія по межах зерен. Далі порахували коефіцієнт дифузії і час перерозподілу азоту під час ТО прийнявши $D0$ як при дифузії по межах зерен. Час перерозподілу азоту на 20 мкм отримали близький до 2,67 с, що збігається з експериментальними даними. Що також показує, що процес дифузії відбувається по межах зерен і під час термічної обробки.

Результати моделювання представлені на рис. 1, 2.

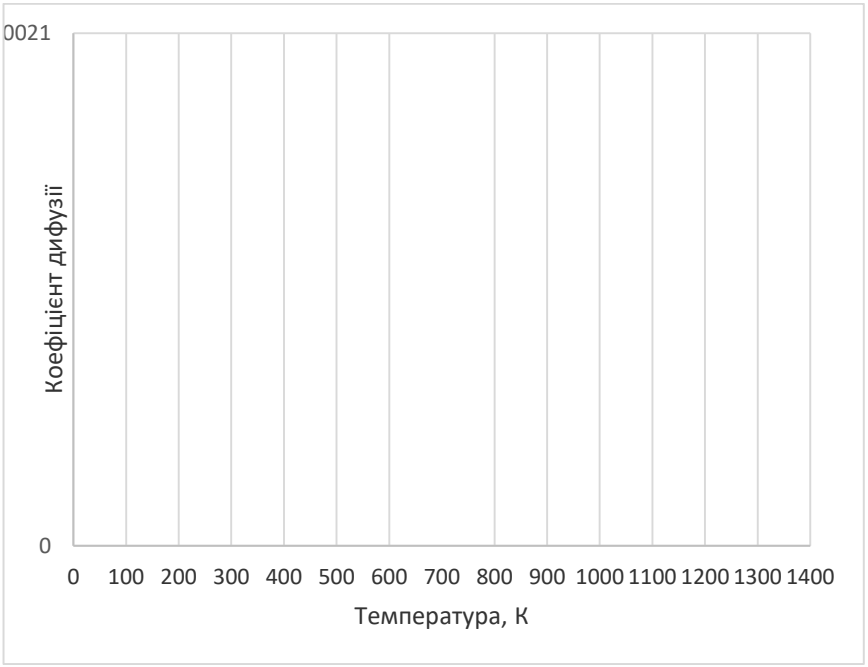


Рис. 1. Залежність коефіцієнта дифузії від температури.



Рис. 2. Залежність часу азотування від коефіцієнту дифузії при різних температурах.

Таким чином, моделювання та натуральний експерименти показали однакові результати: в процесі КІА пуансони d=2 мм отримують наскрізне азотування при іонному азотуванні та наступної термічної обробки: нагріву та витримки протягом 3 секунди. Комп'ютерне моделювання та дослідження коефіцієнту дифузії в процесі термічної обробки після іонного азотування встановило, що для інструментальних сталей має місце дифузія по границям зерен.

УДК 351.861

РОЗВИТОК ПОЖЕЖ В ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЛЯХ З ЗАЛІЗОБЕТОННИМ КАРКАСОМ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ШОКОДЖЕННЯ БУДВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Шналь Т.М., *д.т.н., професор,*
Мацик І.Р., *аспірант*
Національний університет «Львівська політехніка»

Найбільш поширеним типом одноповерхових промислових будівель є будівлі із збірним залізобетонним каркасом з колон, ферм покриття, плит покриття, та огороджуючих конструкцій - панелей керамзитобетонних або самонесучих цегляних стін.

Метою даної роботи є дослідження температурних режимів локалізованої пожежі в промисловій будівлі, що дозволить більш точно оцінити вогнестійкість будівельних конструкцій та розробити спрощену процедуру проектування, яка б дозволяла задовільно прогнозувати поведінку конструкції, що піддаються впливу локалізованої пожежі. Розвиток пожеж в промислових будівлях має свої особливості пов'язані із розмірами, вентиляцією та пожежним навантаженням.

Аналіз наукових праць, присвячених проблемним питанням температурних моделей розвитку пожеж свідчить про необхідність вдосконалення та розробки таких моделей насамперед тому що їх режим суттєво відрізняється від режиму стандартної-кривої температура-час, а методики локалізованих пожеж викладені [1] є загальними та потребують доопрацювання. Температурний вплив локалізованих пожеж може бути оцінений з використанням аналітичних формул в яких в враховується відносна висота від полум'я до стелі.

З метою дослідження температурних режимів пожеж були проведення обстеження пошкоджених промислових будівель, рис. 1–4. Обстеження проводились у відповідності до [2] крім того методика обстеження передбачала оцінку термоіндикаторів, а також виявлення та аналіз температурних пошкоджень.



Рис. 1. Багатопролітна одноповерхова будівля, обрушення конструкції світлового ліхтаря.



Рис. 2. Багатопролітна одноповерхова будівля, відколювання бетону.

Однією з головних проблем оцінки технічного стану є дефекти та пошкодження в будівлі до пожежі в процесі експлуатації. Наприклад існуючі дефекти та пошкодження внаслідок деградації бетону можуть вплинути на відколювання бетону. Важливим фактором є те що на інтенсивність відколювання впливає товщина залізобетонних елементів, із зменшенням товщини ймовірність відколювання значно зростає. Хоча в

загальному одноповерхові промислові будівлі мають значно вищу стійкість до локалізованих пожеж у порівнянні з нормативним підходом до проектування.

Також були обстежені будівлі які зазнали уражень безпілотними літальними апаратами (БпЛА) різного типу та класу. Ураження промислових будівель складалось із механічних пошкоджень викликаних ударною дією БПЛА, вибуховою хвилею внаслідок детонації заряду та пошкодженнями які викликані температурними впливами внаслідок пожежі. Перші два фактори як правило спричинили часткове руйнування конструкцій на обмеженій площі та часткове пошкодження на дещо більшій площі, в цей же час пожежі які виникають після таких ударів можуть поширюватись на значні площі в залежності від розташування пожежного навантаження. Оцінка технічного стану конструкцій потребує визначення температурного режиму пожежі в приміщенні яка характеризується значно швидшим розвитком пожежі і значним тепловиділенням у порівняні із звичайними пожежами.



Рис. 3. Двопролітна одноповерхова будівля, руйнування конструкції покриття внаслідок ураження БпЛА.



Рис. 4. Двопролітна одноповерхова будівля, відколювання цегли.

Проведені обстеження промислових будівель після пожеж, аналіз пошкоджень конструкцій показали необхідність розробку нових або уточнення існуючих моделей пожеж з метою оцінки вогнестійкості конструкцій. Для розробки моделей є необхідність провести модельні випробування промислових каркасних будівель. Рекомендується провести подальші дослідження щодо впливу пожежі на конструкції з пошкодженнями які виникли під час їх експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі. Мінрегіонбуд, 2011. 81 с.

2. ДСТУ 9273:2024 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Мінрегіонбуд, 2024. 78 с.

3. Khoury, G.A., Anderberg, Y. (2000). Fire Safety Design - concrete spalling review - report submitted to the Swedish National Road Administration, Sweden.

УДК 614.88:0.16

ПОРЯДОК ОЦІНКИ МЕДИКО-ТАКТИЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ ХІМІЧНИХ АВАРІЯХ ТА ДОПОМОГА

Шуранков Є.О.,
Черненко О.М., *к.мед.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

При виникненні хімічної аварії, спочатку, необхідно провести медико-санітарну розвідку з виявлення осередку аварії, ідентифікації токсичної речовини, визначення ступеня забруднення повітряного середовища, оцінкою масштабів аварії, проведення динамічного спостереження за забрудненням в ході оцінки аварійної обстановки. Медико-санітарна розвідка проводиться установами та формуваннями ДСНС України, МО України та МОЗ України, що не виключає використання даних про рівні забруднень об'єктів навколишнього середовища, одержаних у ході аварійної ситуації іншими відомствами. Хіміко-аналітичний контроль в рамках проведення медико-санітарної розвідки повинен відповідати вимозі експрес-методики визначення хімічної вражаючої речовини. Її необхідно здійснювати в максимально стислі терміни тому, що патологічні порушення в організмі розвиваються в дуже короткі проміжки часу. Комплекс технічних засобів хіміко-аналітичного контролю повинен включати рухливі лабораторії, що переносяться чи перевозяться, портативні хіміко-аналітичні прилади, засновані на використанні хімічних, електрохімічних, оптичних та інших фізичних та фізико-хімічних властивостей визначених речовин. У висновках за результатами проведення медико-санітарної розвідки вказується: межі і ступінь забруднення (в динаміці) повітряного середовища при аварійній ситуації; число осіб, які зазнали впливу токсичних речовин; захисні заходи в забрудненій зоні; необхідність санітарної обробки; найбільш доцільні заходи для фахівців, які ліквідують наслідки хімічної аварії [1].

Медична допомога ураженим «на місці» виявляється у найбільш повному обсязі. При цьому під екстреною допомогою слід розуміти комплекс лікувальних заходів, спрямованих на ліквідацію порушень життєво важливих функцій, насамперед проявів гострої дихальної недостатності і екзотоксичного шоку (бронхолітики, інфузійна терапія, при необхідності штучна вентиляція легенів, стабілізація гемодинаміки, анальгетики та інше).

Медична евакуація – система заходів по виведенню (вивезенню) з осередку хімічного ураження постраждалих, які потребують медичної допомоги за її межами. Вона починається з організованого виносу, виведення та вивезення потерпілих з вогнища, надання їм екстреної медичної допомоги в догоспітальному періоді і завершується наданням повного обсягу спеціалізованої медичної допомоги в лікувальному закладі. При наданні медичної допомоги населенню визначається наступна періодичність: перший період (ізоляція), тривалістю 1,5–2 години, що характеризується одномоментним виникненням великої кількості уражених, слабкою захищеністю населення, відсутністю організованої медичної допомоги; другий період (рятування) забезпечується прибуттям в район аварії сил і засобів, призначених для розшуку уражених, вилучення їх з важкодоступних місць і надання їм медичної допомоги. Основою успішної ліквідації медичних наслідків хімічних уражень є завчасна розробка територіальними центрами медицини катастроф планів організації заходів з надання медичної допомоги [2].

Медичне сортування при ураженнях отруйними хімічними речовинами (далі-ОХР) виконується в найкоротші терміни і поєднується з одночасним наданням екстреної та невідкладної медичної допомоги. Розрізняють два види медичного сортування – внутрішньопунктове та евакуаційно – транспортне. У пунктах збору уражених та

найближчих, на шляхах евакуації, закладах охорони здоров'я здійснюють заходи медичного сортування, які передбачають формування груп уражених виходячи з потреби у проведенні санітарної обробки, однотипних профілактичних, лікувальних та евакуаційних заходів при ураженні конкретними ОХР відповідно до медичних показань. Швидка оцінка стану уражених дозволяє виділити категорії постраждалих, які найбільш потребують невідкладної стабілізації життєво важливих функцій організму та визначити черговість евакуації уражених. У першу чергу здійснюють відновлення прохідності дихальних шляхів. При великій кількості постраждалих обсяг екстреної медичної допомоги обмежується підтриманням вітальних функцій та проведенням антидотної терапії (при можливості). При гострій хімічній травмі початкова слабо виражена симптоматика не виключає прогресування патологічного стану аж до «важкого». У багатьох токсичних речовин ефект прояву відтермінований, через кілька годин. Це необхідно враховувати при медичному сортуванні осіб з безсимптомним або легким перебігом ураження. Таким чином, під час медичного сортування будь-який постраждалий з підозрою на ураження ОХР повинен бути оглянутий лікарем [3].

Найбільш дієві заходи щодо видалення отрути, що не всмокталася при отруєннях через рот. При хімічних аваріях цей вид отруєнь не є основним, проте масові ураження внаслідок забруднення продуктів харчування і води цілком реальні. В очищенні шлунково-кишкового тракту головне місце займає шлунковий лаваж. Ефективний зондовий лаваж, хоча при масових отруєннях, особливо на догоспітальному етапі, методом вибору може бути беззондове промивання шлунка [4].

Таким чином, успішне виконання завдань щодо збереження життя і здоровя постраждалих досягається виконанням вимог чіткого узгодженого планування заходів на випадки надзвичайних ситуацій, безперечним виконанням єдиних принципів організації надання медичної допомоги в процесі ліквідації наслідків аварії на об'єкті хімічної промисловості, військових дій, терористичного акту, застосування хімічної зброї, при цьому скрупульозно виконуючи відповідний алгоритм дій, починаючи від осередку надзвичайної ситуації і закінчуючи лікуванням і реабілітацією постраждалих в закладах охорони здоров'я [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про екстрену медичну допомогу від 05.07.2012 р. № 5081–VI.

2. Медичні аспекти хімічної зброї: Навчальний посібник для слухачів УВМА та студентів вищих медичних навчальних закладів. К.: УВМА, 2003. С. 30–36, 78–86.

3. Печиборщ В.П., Волянський П.Б., Якимець В.М., Вороненко В.В., Хижняк М.І. Медичний захист населення в надзвичайних ситуаціях в єдиній державній системі цивільного захисту: Керівництво / В.П. Печиборщ. Київ, 2019. 425 с.

4. Черненко О.М., Алєксєєв А.Г., Цвіркун С.В. Рятувальнику про домедичну допомогу та небезпеки радіаційного, хімічного та біологічного походження. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. 326 с.

UDC 577

STUDY OF THE PROCESS OF SYNTHESIS OF FUNCTIONAL FILLERS FOR POLYMER COMPOSITES FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION

Lebedev V.V., *Dr. Sc. (Tech.), Associate Professor,*
Lytvyn A.O., *PhD,*
Riabchenko M.A.,
Ivashchenko D.B.
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

Currently, great attention is paid to the creation of polymer composites using functional fillers and polymer matrices of various types, including thermoplastic and thermosetting types [1, 2]. The modification of polymer matrices by introducing functional fillers of various sizes is promising for improving electrophysical characteristics, thermal stability, barrier properties, etc. These fillers also make it possible to increase the protective properties of the polymer against electromagnetic radiation by several orders of magnitude.

Titanium dioxide, as a white pigment, is widely used in industry. This material is also used in the production of artificial sapphires and rubies to create a specific structure of minerals as a result of the deposition of needle-shaped rutile crystals. Needle-shaped forms of titanium dioxide can be artificially obtained as a result of the oxidation of K_2TiCl_6 or the pseudo-amorphous rearrangement of potassium hexatitanate fibers [1]. In most cases, the main task is to grow sufficiently thin, long single crystals with fiber properties rather than obtaining the usually formed tetragonal needles [2]. Moreover, it is preferable that the single crystals with fiber properties have internal hollow channels (pores), which allows them to be used as catalysts, reinforcing fillers, thermal insulation, etc. [2]. Therefore, this article presents the results of experimental studies on the process of recrystallization of TiO_2 in the above-mentioned melt systems.

The aim of the study is to study of the process of synthesis of functional fillers for polymer composites for protection against electromagnetic radiation.

The following reagents were used in the research: potassium chloride KCl, reagent grade, sodium chloride NaCl, reagent grade and titanium subchloride alloy in pure NaCl with subchloride content – 60 % by weight, the ratio $TiCl_2$:$TiCl_3$=4:1.

The alloy is a semi-product of metallothermal refining of titanium in a salt melt. Titanium dioxide (TiO_2) was used with a mass fraction of the main component being 98,7–99,5 % by weight, the content of Fe ions ≤0,006 %. The research was conducted in a hermetically sealed muffle furnace, which housed a quartz cuvette with dimensions of 600×400×69 mm. The fill height of the melt in the cuvette varied from 3 to 50 mm. The temperature in the muffle and on the melt surface was monitored using platinum-rhodium thermocouples and maintained during the experiments with an accuracy of ±5 °C.

As a result of the studies conducted, the process of synthesizing functional fillers for polymer composites for electromagnetic radiation protection has been comprehensively examined. It has been shown that the recrystallization of titanium oxide from solution-melts of KCl-NaCl and KCl-NaCl-∑TiCl is possible under a flow of inert gas in the presence of a reducing agent, resulting in thread-like crystals of fibrous form. In the process, thread-like rutile crystals with cross-sectional dimensions of 3–30 μm and lengths of 10^3–10^4 microm were obtained.

It has also been established that blowing KCl-NaCl-$TiCl_4$ without TiO_2 with inert gas in the absence of a reducing agent results in the crystallization of metallic titanium in the form of

hollow microspheres. Figure 1 shows hollow deformed microspheres of solid Ti at the bottom of the reactor.

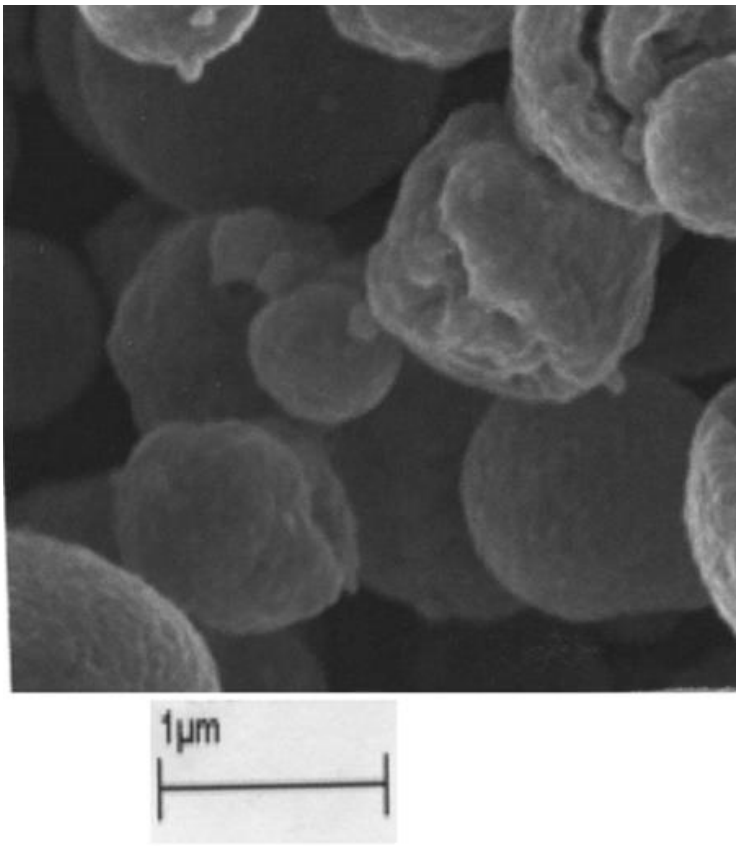


Fig. 1. Hollow deformed microspheres of solid Ti at the bottom of the reactor.

The obtained functional fillers have great potential in the development of polymer composite materials for electromagnetic radiation protection, providing a high combination of strength and spectral characteristics.

REFERENCES

1. Lebedev, V., Riabchenko, M., Shestopalov, O., Tykhomyrova, T. (2024). Study of polymer ceramic-inorganic composites for electromagnetic radiation absorption. Solid State Phenomena. 364. 81.

2. Shaporev, V.P., Sebko, V.V., Shestopalov, O.V. (2014). Technological conformities to the law of carbros which underlaid production of whiskers inorganic refractory compounds. 1. Synthesis of whiskers during the leadthrough of firmly phase reactions. Visnyk NTU «KhPI». 27. (1070). 114–142.

СЕКЦІЯ 5
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 338;630

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВИКОРИСТАННЯ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ В ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ ПАЛИВА

Адашевський О.В.,
Кочетов М.С.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Енергетична безпека та незалежність України є одним з пріоритетним завданням, важливість розвитку якого стала зрозуміла на тлі повномасштабного вторгнення 24.02.2022 р. Руйнування внаслідок ракетних обстрілів з боку росії, великої кількості енергогенеруючих об'єктів призвело до чисельних т.з. блекаутів восени 2022 року та взимку 2023 року; графікам подачі електроенергії навесні та влітку 2024 року.

Альтернативою генерації електроенергії з викопного палива (вугілля, газу тощо) в Україні є сонячна та вітрова енергія. Проте, за часів повномасштабного вторгнення сонячні та вітрові електростанції так само зазнають суттєвих пошкоджень та вимагають відновлення. Відходи руйнування фотоелектричних панелей мають негативний вплив на навколишнє середовище, в тому числі на ґрунти [1]. Сучасні вітрові електростанції, не дивлячись на те, що територія України має багато областей, сприятливих для них, мають свої особливості інтеграції у існуючі енергомережі та також зазнають пошкоджень під час ракетних атак и атак безпілотними літаючими апаратами [2].

Враховуючі потужний аграрний сектор України, розвиток ринку біопалива є прогнозованим. Всі типи палива на рослинній основі можна умовно розділити на дві великі групи:

1) паливні пелети. Їх виготовляють шляхом прямого пресування органічних відходів, які утворюються на різних стадіях життєвого циклу певних категорії продукції;

2) біопаливо на основі екстракції олій або виробництва метану при процесах зброджування.

При виробництві паливних пелет можуть використовуватися рослинні залишки сільськогосподарських культур, які утворюються як безпосередньо на полях, так й на різних стадіях переробки сільськогосподарських культур. З огляду на значну кількість олієекстакційних заводів в Україні, які виробляють соняшникову олію, розповсюдженим останнім часом є використання соняшникового лушпиння у складі комбінованого палива у різних типах паливних агрегатів [3]. З олій, які використовуються як біодизель, найбільшого розповсюдження набула ріпакова, для виробництва якої фермери займають продуктивні сільськогосподарські землі [3], які можна було б використовувати для вирощування інших, важливих саме для забезпечення продовольчої безпеки країни, культур.

Метою даної роботи оцінити потенціал використання харчових відходів для виробництва різних типів палива як елементу загальної екологічної та енергетичної безпеки України.

При виробництві паливних пелет розповсюдженою практикою є додавання до деревинних відходів (тирси, стружки) інших типів рослинних відходів. Проте, у харчовій галузі при виробництві харчових продуктів та на етапі споживання утворюється велика

кількість твердих органічних відходів, які мають різний вихідний вміст вологи. Наприклад, на спирт заводах утворюється після спиртова барда, у виробництві кондитерських та хлібопекарських виробів – залишки сирого та готового тіста, залишки начінки та какао, відходи борошна тощо. Велика кількість твердих органічних відходів утворюються на етапі транспортування та споживання продукції – протерміновані вироби та вироби з зіпсованим пакуванням й зіпсованим зовнішнім виглядом. Серед таких відходів переважають відходи виробництва хліба та хлібобулочних виробів, відходи борошняних кондитерських виробів (печиво, вафлі тощо). При утворенні невеликих обсягів таких відходів вони потрапляють на полігони твердих побутових відходів, набагато рідше – у компостери органічних відходів. Також такі відходи частково використовуються при виготовлені комбікормів для худоби [4].

У сфері HoReCa завдяки розповсюдженню культури споживання нерозчинної кави утворюються значна кількість відходів у вигляді кавової гущі, яка переважно також опиняється на полігонах твердих побутових відходів [5].

З кавової гущі можна отримувати олію, яка далі може бути використана в якості біодизеля. А тверді органічні відходи споживання та виробництва кондитерських й хлібобулочних виробів можуть бути додані до дерев'яної основи або до соняшникового лушпиння для отримання паливних пелет. Проте, ряд наступних факторів обмежують таке їх використання:

1) відсутність налагодженого роздільного збору таких відходів на локальному рівні, безпосередньо в місцях їх утворенні. Ця проблема більш характерна для відходів кавової гущі та відходів споживання кондитерських виробів, ніж для відходів кондитерських виробництв, які утворюються на підприємствах;

2) відсутність економічних стимулів для розвитку технологій використання вказаних відходів в енергетичній галузі;

3) низька екологічна свідомість представників виробництва та споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Самойленко Н.М. Корогодська А.М., Катенін В.Д. Дослідження впливу відходів сонячних фотоелектричних панелей на ґрунт. Екологічні науки. 2023. Вип. 5 (50). С. 25–29.

2. Сегеда М.С., Дудурич О.Б., Романів С.І., Остра Н.В. Аналіз основних підходів, методів вибору і обгрунтування параметрів та режимів вітроенергетичних установок для інтеграції в роботу електроенергетичної системи. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер.: Енергетика: надійність та енергоефективність. 2023. № 2 (7). С. 58–65.

3. Єфименко В.В., Бойко М.М., Полякова Н.В., Журавльова С.В., Танчев О.А. Аналіз можливості використання біоматеріалів при обпалі окатишів Литво. Металургія : матеріали 19-ї, 12-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 10-12 жовтня 2023 р. / Нац. техн. ун-т «ХПІ» [та ін.], заг. ред. О. І. Пономаренко. Харків; Київ, 2023. С. 340–342.

4. Адашевський О.В. Використання твердих відходів кондитерських фабрик при виробництві комбікормів як елемент сталого розвитку України. Екологічні науки. 2023. № 1 (46). С. 179–182.

5. Кочетов М.С., Тихомирова Т.С. Пріоритетні напрямки використання залишків виробництва та споживання кави. Євроінтеграція екологічної політики України : матеріали 4-ї Всеукр. наук.-практ. конф., 25 жовтня 2022 р. / Одеса : ОДЕУ, 2022. С. 110.

УДК 123.1:316:330.82

ПРОБЛЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ У XXI СТОЛІТТІ

Алієва О.Г., *к.філос.н., доцент,*
Дьяковська Г.О., *к.філос.н., доцент,*
Копійко С.С.
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет»

Розвиток суспільних відносин передбачає процес поступового розширення можливостей людини, свободи її вибору та дій. Будучи, в цілому, поступовим, цей процес, тим не менш, має певні протиріччя та проблеми. В XXI ст. збільшення сфери індивідуальної свободи супроводжується загостренням міжособистісних та міжгрупових відносин, кризою моральних цінностей, відчуженням людини від природи.

Негативні тенденції, що все відчутніше проявляються у різних сферах суспільного життя, змушують переглядати прогнози на майбутнє: в соціальних науках утопічне очікування змінюється песимістичними сценаріями майбутнього («суспільство ризику» У. Бека, «евристика страху» Г. Йонаса та ін.). Вільний ринок став причиною екологічної кризи, пом'якшити який повинні обмеження в економічній сфері.

Основні теоретичні положення сучасних захисників природи можна узагальнити у вигляді двох тез:

1) причиною масштабної деградації навколишнього середовища є ідея невпинного економічного розвитку, що лежить в основі ідеології суспільства споживання;

2) для вирішення екологічної проблеми необхідні суворий адміністративний контроль.

Економічне зростання є причиною поліпшення якості навколишнього середовища. Доказ цієї тези ґрунтується на припущенні, що зі зростанням добробуту люди починають звертати більше уваги на умови, в яких вони живуть [5, с. 60]. Звалища з токсичними відходами і сміття – звичайні атрибути існування найбільш знедолених і бідних. Єдине, що, може радикально виправити ситуацію – економічне зростання і підвищення добробуту громадян. У багатої людини з'являється потреба у високій екологічній якості життя, за що вона здатна виділити певну частину своїх матеріальних засобів.

Вільний ринок сприяє збереженню ресурсів, оскільки їх подорожчання є найпотужнішим економічним стимулом для пошуку більш дешевих і ефективних аналогів дефіцитних матеріалів і підстьобує діяльність з розвідки надр і пошуку нових родовищ. Крім того, прогрес в технологіях веде до підвищення ефективності у використанні і вторинній переробці ресурсів. Приватні власники, на нашу думку, виявляють набагато більше турботи про ресурси в порівнянні з державою.

До теперішнього часу розроблені ефективні інструменти, які дозволяють переводити такі ресурси, як повітря, в режим, за основними своїми параметрами нагадує приватну власність. Одним з таких інструментів є торгівля квотами. Оскільки для економічного розвитку необхідна робота промислових підприємств, забруднення неминуче. Важливо правильно визначити його межі. В принципі, науковими засобами цілком можливо визначити ту межу забруднення, за межами якої ресурс вже не зможе повністю відновитися. Забруднення, що не виходить за цей кордон, цілком допустимо.

Визначивши цю межу, можна випустити сертифікати, що дають право на випуск в атмосферу або воду певного, строго обмеженої кількості забруднюючих речовин. Потім сертифікати пропонується пустити у вільний продаж. Таким чином, ціна сертифікатів буде визначатися попитом на них з боку забруднювачів. Таке регулювання краще негнучкого державного тиску шляхом підвищення податків або введення різних заборон.

Система квотування була запропонована канадським економістом Дж. Дейлсом, проте спроби застосувати його викладки на практиці були зроблені тільки в кінці XX століття. Багато країн світу уклали угоду про обмеження викидів парникових газів, відому під назвою Кіотського протоколу.

Згідно зі статтями Кіотського протоколу передбачалося виділити кожній країні певну квоту на забруднення атмосфери парниковими газами. При цьому створювалася можливість вільної торгівлі невитраченими квотами. Так, та країна, яка не забруднює атмосферу, може розпорядитися своєю квотою, продавши її промислово розвиненій країні, чиї емісії парникових газів перевищують встановлений ліміт. У цьому випадку всі країни будуть зацікавлені в зменшенні емісій, оскільки це дозволить їм або отримати гроші на продажу зекономленої квоти, або ж заощадити гроші на покупку додаткових квот. Переклад всієї системи регулювання емісій парникових газів в режим вільного ринку можливо, дійсно, є хорошим стимулом для розвитку технологій очищення і маловідходного виробництва.

Ідеального суспільства не буває, але воно може стати більш досконалим і вільним, якщо не держава, не якась зовнішня влада, а самі люди будуть в значній мірі самостійно приймати рішення, що стосуються їхнього життя, і розуміти свою відповідальність за наслідки прийнятих ними рішень.

Підсумовуючи вищесказане, можемо стверджувати, що причиною масштабної деградації навколишнього середовища є спільна власність і неефективний державний контроль. Найбільш ефективний механізм вирішення екологічних проблем – вільний ринок, який сприяє збереженню ресурсів, оскільки стимулює пошук дешевих і ефективних аналогів дефіцитних матеріалів, підстьобує діяльність з розвідки надр і пошуку нових родовищ, технологій і підвищує ефективність використання і вторинної переробки ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Boaz, D. Libertarianism. A primer. New York: The Free Press, 328 p.

2. Bookchin, M. (2005). The Ecology of Freedom. The Emergence and Dissolution of Hierarchy. New York: AK Press. 491 p.

3. Clarke, R.K. (2003). Libertarian Accounts of Free Will. Oxford: Oxford University Press. 254 p.

4. Hoppe Hans-Hermann Democracy: The God That Failed. New Brunswick, London : Translation Publishers, 2001. 293 p.

5. Hoppe Hans-Hermann Getting Libertarianism Right. Auburn, Al.: Ludwig von Mises Institute, 2018. 126 p.

6. Rothbard N. Murray (1998). The Ethics of Liberty. New York: New York University Press. 336 p.

8. Сміт А. Дослідження про природу і причини богатства народів. Київ: Наш формат, 2023. 722 с.

9. Міл Джон Стюарт. Про свободу. Київ: Основи, 2001. С. 7–24.

УДК 502.3

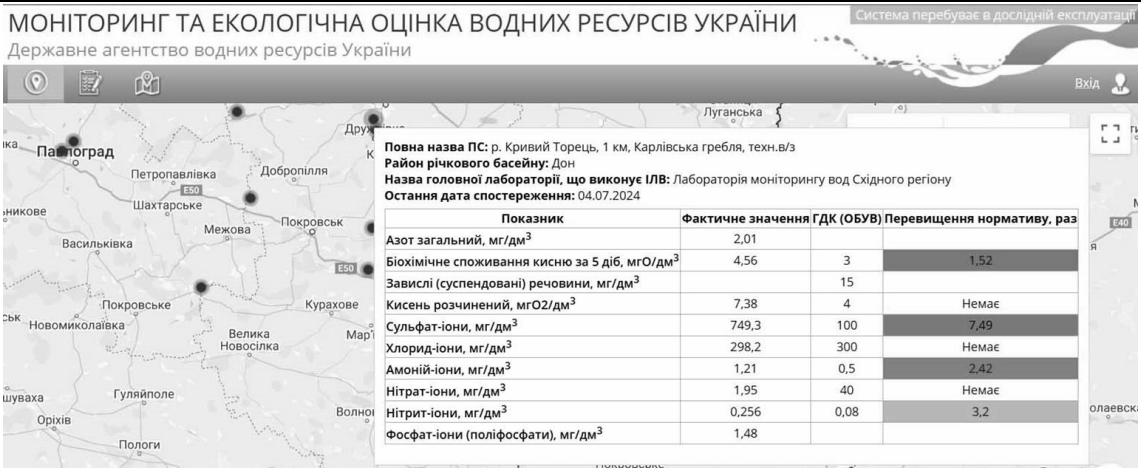
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА МОНІТОРИНГ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА СХОДІ УКРАЇНИ

Бабенко В.М., *к.т.н.,*
Косенкова І.Д.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Вода, у рідкому стані, є однією з трьох головних умов існування біологічного життя, а відповідно якість прісної води стає запорукою біологічного різноманіття, як самого водного об'єкту, так і оточуючих його територій. З розвитком технологій в XX сторіччі вимірювальні прилади та засоби моніторингу за станом навколишнього середовища вийшли на новий рівень, якщо раніше це були суто механічні та електромеханічні пристрої, то на зміну їм прийшло обладнання, що мало в своєму складі автоматизацію. А в XXI столітті, з розвитком мікроелектроніки, датчиків та бездротових технологій нарешті стало можливим застосовувати обладнання, що автоматично збирає, накопичує та передає інформацію повністю в автоматичному режимі, без постійного втручання в цей процес людини [1]. Але таке моніторингове обладнання прийшло не всюди. Зазвичай, в більшої кількості дротова та бездротова автоматизація прийшла на виробництво і це зрозуміло, там завжди знайдуться кошти й можливості провести модернізацію на виробничих лініях, задля покращення технологічних режимів та якості продукції. Менша увага приділялось встановленню моніторингового обладнання на газо-, та водоочисних спорудах, це пояснюється тим, що додаткове очисне обладнання та засоби контролю газових викидів або стоків, його застосування приводить до зменшення прибутків, або здороження готової продукції. І нарешті ми підійшли до сфери, яка фактично отримувала найменшу кількість уваги та фінансування, і це, як не прикро б для нас на сьогодні звучало, екологічний моніторинг та метеорологічні дослідження.

Так вже склалось, що на сьогодні метеорологія та екологія мають схожі напрямки діяльності, але якщо перша збирає дані для надання коротко та довгострокового метеорологічного прогнозу, то друга має напрям на дослідження, зміни та видання розрахованого екологічного прогнозу по стану об'єктів навколишнього середовища: атмосферного повітря, водного середовища, стану ґрунтів, лісового й лугового комплексів та об'єктів антропогенного походження.

У зв'язку з переходом країни до Європейських стандартів та згідно зі змінами в законодавстві, а саме: «Постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 року № 758», затверджено Новий порядок здійснення моніторингу природних вод. Відповідно до цієї постанови Державне агентство водних ресурсів України створило на веб-ресурсі цифрову карту: «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України», на якої можна переглянути результати проведених досліджень якості поверхневих вод починаючі з 2018 року [2, 3]. Навіть в умовах початку, взимку 2022 року, повномасштабних військових дій, на моніторинговому веб-ресурсі можна знайти відомості на жовтень 2024 року. Звичайно сьогодні не всюди та не завжди є можливість проводити вимірювання якості природних поверхневих вод, але вже сам факт працюючого ресурсу дає можливості його використання в різних сферах життєдіяльності суспільства. Використання на веб-ресурсі цифрових карт [3] дає гарний результат в навчальному процесі, особливо в умовах дистанційного навчання, що розпочалось ще в часи епідемії коронавірусу *SARS-CoV*-2 у 2020 році. Хоча на ресурсі є повідомлення, що: «Система перебуває в дослідній експлуатації», у використанні вона зручна та достатньо інформативна, рисунок 1.



Показник	Фактичне значення	ГДК (ОБУВ)	Перевищення нормативу, раз
Азот загальний, мг/дм^3	2,01		
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО/дм^3	4,56	3	1,52
Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм^3		15	
Кисень розчинений, мгО2/дм^3	7,38	4	Немає
Сульфат-іони, мг/дм^3	749,3	100	7,49
Хлорид-іони, мг/дм^3	298,2	300	Немає
Амоній-іони, мг/дм^3	1,21	0,5	2,42
Нітрат-іони, мг/дм^3	1,95	40	Немає
Нітрит-іони, мг/дм^3	0,256	0,08	3,2
Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм^3	1,48		

Рис. 1. Зовнішній вигляд цифрової карти та табличної інформації по водному об’єкту в м. Дружківка, Донецької області.

Для учбових цілей, в якості ознайомлення та розповсюдження актуальної інформації Державного агентства водних ресурсів України, в порівнянні 2000-ми роками, на сьогодні є можливість спиратись на перевірені лабораторні дані. А це в свою чергу поступово наближає нас до створення автоматизованої системи швидкого отримання своєчасної інформації по поверхневим прісноводним об’єктам, без яких неможлива практично ніяка господарська діяльність. Завдяки таким ресурсам є можливість досліджувати річне та сезонне коливання якості води, проводити моніторинг за природою розподілення речовин (суспендованими частинками, розчиненими з’єднаннями азоту, фосфору тощо), досліджувати як працює метод розведення концентрацій, що застосовується на станціях очищення стоків з комунальних господарств та промислових підприємств.

В підсумку можна сказати, що попри всі труднощі та складнощі, з якими в останні роки стикається Україна, є поступовий, може і не такий швидкий як бажалось, але все ж таки рух вперед, до цивілізованого сталого розвитку екологічної безпеки країни, фундаментом якої є відповідальне поводження з усіма наявними природними ресурсами та з обов’язком моніторингом вод, задля, як запобігання, так і для попередження надзвичайних ситуацій на водних об’єктах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Промислові засоби автоматизації : навч. посібник. Ч. 1. Вимірювальні пристрої / А.К. Бабіченко та ін. ; Нац. техн. ун-т «ХПІ». Харків : НТУ «ХПІ», 2001. 470 с.

2. Постанова Кабінету Міністрів України, від 19 вересня 2018 року № 758, Київ, Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. URL: https://www.davr.gov.ua/monitoring-poverhnevih-vod1

3. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України, Державне агентство водних ресурсів України. URL: http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index

УДК 624.012

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ АНГАРУ ДЛЯ ЛІТАКІВ ПРИ ЗАКРИТИЧНИХ ВПЛИВАХ

Бармін І.В.
Державний університет «Київський авіаційний інститут»

В умовах сучасних військових конфліктів та локальних воєн проблема захисту бойової авіації на аеродромах базування набуває особливого значення. Аеродроми є стратегічно важливими об'єктами, оскільки саме з них здійснюються бойові вильоти, логістичні операції та обслуговування авіаційної техніки. Однак вони також є однією з головних цілей для противника, оскільки їх ураження може суттєво вплинути на боєздатність військово-повітряних сил.

Останні збройні конфлікти демонструють зростаючу роль високоточної зброї, зокрема безпілотних літальних апаратів (БПЛА), крилатих ракет і ракет великої дальності. Сучасні військові технології дозволяють завдавати ударів по авіабазах із великої відстані, що ускладнює їхню оборону. Одним із найбільших викликів є те, що вартість атаки на аеродром може бути значно нижчою за потенційні збитки, яких зазнає сторона, що зазнала нападу.

Розглянуто різні типи укриттів для авіаційної техніки, матеріальних засобів та особового складу: залізобетонні арочні укриття; земляні вали; швидкомонтовані конструкції; підземні аеродроми.

Проаналізовано міжнародний досвід застосування укриттів, зокрема, американські ESAP та британські EFASS, які мають мобільність, високу ефективність і забезпечують захист від авіаційних ударів.

Основним критерієм оцінки ефективності захисних споруд є їхня здатність витримувати вибухові навантаження. Безпека будівель визначається стійкістю до критичних навантажень та відсутністю ризику аварійного обвалення.

В доповіді розглядається стандартна конструкція арочного укриття, що складається з напіварок із залізобетонними ребрами, засипаних ґрунтом для маскування. Захисні споруди можуть мати різні типи металевих воріт: відкатні – мали недоліки, такі як перекоси та зношення тросів; розпашні – сучасніше рішення, що забезпечує більшу довговічність та захист.

Пропонується методика розрахунку ангарів для літаків з урахуванням:

– проєктних навантажень,

– сейсмічного впливу,

– аварійних навантажень, таких як ударні хвилі вибухів.

Виконано чисельне моделювання процесів деформації та руйнування конструкцій під впливом вибухових навантажень. Використані методи:

– нелінійного динамічного аналізу,

– геометрично та фізично нелінійних розрахунків,

– оцінки контактної взаємодії конструктивних елементів.

Виділено три основні сценарії граничного стану споруди: стан 1а – конструкція не має залишкових деформацій і зберігає працездатність; стан 1б – можливі значні пошкодження, що потребують ремонту або часткової заміни; стан 1в – часткове або повне руйнування, яке не спричиняє обвалення всієї споруди, але потребує реконструкції.

Розрахунки захисних споруд проведені **у** програмному комплексі LIRA-FEM (ЛІРА-САПР) за методом граничних станів з використанням моделей залізобетону та арматури. Виконано детальний аналіз конструкцій захисних споруд у програмному

комплексі LIRA-FEM (ЛІРА-САПР)**.** Проведено моделювання впливу вибухової хвилі на будівлю та розрахунок плити покриття при ударному навантаженні на площі до 80 м².

Практичне застосування результаті:

– розроблено рекомендації для підвищення стійкості ангарів.

– запропоновано методи посилення конструкцій для підвищення їх живучості.

– результати можуть бути використані для вдосконалення існуючих та розробки нових типів укриттів.

Висновок. Запропоновані методи розрахунку та моделювання дозволяють більш точно оцінювати стійкість ангарних конструкцій до вибухових навантажень. Отримані висновки можуть бути використані для розробки ефективних захисних споруд, здатних протистояти сучасним загрозам у військовій сфері.

Проведено комплексний аналіз захисних споруд для бойової авіації, розглянуто їх конструкційні особливості, методи розрахунку на динамічні навантаження та вплив вибухових хвиль. Проаналізовано особливості різних типів укриттів, зокрема залізобетонних арочних споруд, швидкомонтованих ангарів та підземних авіаційних баз, а також міжнародний досвід у цій сфері.

Важливим аспектом дослідження стало чисельне моделювання поведінки конструкцій під дією критичних навантажень. Було встановлено, що головним фактором, який визначає живучість будівлі, є її здатність до пластичних деформацій та перерозподілу зусиль. Математичне моделювання дозволило визначити критичні параметри конструкцій, а також оцінити їх стійкість до прогресуючого обвалення в умовах вибухового впливу.

Розрахунки, проведені в програмному комплексі LIRA-FEM (ЛІРА-САПР)**,** підтвердили, що врахування нелінійних характеристик матеріалів та фізичних процесів у конструкціях дає змогу більш точно прогнозувати поведінку споруд при аварійних навантаженнях. Особливу увагу приділено аналізу плит перекриття та їх здатності витримувати ударні впливи на площі до 80 м², що є критичним для збереження цілісності конструкцій.

Отримані висновки можуть бути використані при проєктуванні нових захисних споруд для військової авіації, а також для модернізації існуючих ангарних конструкцій. Використання сучасних інженерних методик дозволяє значно підвищити рівень безпеки стратегічних об’єктів та забезпечити ефективний захист літаків від ударів противника.

Результати дослідження є актуальними для оборонної сфери та можуть бути використані у подальших наукових і практичних розробках у галузі будівельної безпеки та військової інженерії.

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, 2023. Т. 38. № 4. С. 20–27.

2. Kinney, G.F. and Graham, K.J. (1985). Springer-Verlag Explosive Shocks in the Air – Second edition., Berlin.. 269 p. Illustrated. DM134.

УДК 504.05:355.01(262.5)(477+470+571)(043.2)

ЧОРНОМОРСЬКИЙ ЕКОЦИД РОСІЇ ПІД ЧАС РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКОЇ ВІЙНИ

Богданова Н.Г., *д.філос.н.*
Бахмутський навчально-науковий професійно-педагогічний інституті Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

Російсько-українська війна – це не тільки знищення України як держави, геноцид українців як нації, але і великі невідворотні зміни у екосистемі нашої країни. З самого початку загарбницької війни Росії проти України у 2014 р. на тимчасово окупованих російськими агресорами територіях було затоплено десятки вугільних шахт. Зокрема, і шахта, у якій у 1979 р. був здійснений підземний ядерний вибух. Ця шахта «Юнком» знаходиться на тимчасово окупованій Росією території Донецькій обл. і затоплена окупантами вже кілька років.

З початком повномасштабної війни Росії проти України у 2022 р. кількість екологічних злочинів Росії - збільшилися в рази. Це не тільки забруднення українських родючих земель, повітря, знищення лісів і національних заповідників, вбивство або викрадання сотні тисяч диких тварин, а і екоцид у басейнах Азовського та Чорного морів.

Тисячі квадратних кілометрів поверхні Чорного моря були забруднені нафтовими викидами від російської військової авіації та суден. Наймасовішу за останні 10 років загибель морських ссавців фіксують українські правоохоронці на Одещині, а також вчені Болгарії, Румунії та Туреччини. За попередніми підрахунками, за період бойових дій в Україні загинуло понад 50 тис. китоподібних. Їхню смерть фахівці пов'язують з бомбардуванням, ракетними обстрілами росіян, через забруднення води, а також у зв'язку з використанням гідролокаторів на підводних і надводних російських човнах, що видають потужні звуки, які негативно впливають на здоров'я тварин. Українські правоохоронці розслідують масову загибель китоподібних, щоб подати позов до міжнародних судів, аби росіяни заплатили за масове знищення тварин [1].

Найжорстокішим злочином проти людства та природи стало руйнування росіянами греблі Каховської ГЕС. Потоки води, що затопили міста, села та поля, несли із собою все, що зустрічали на своєму шляху: сміття, небезпечні хімікати або навіть міни (околиці греблі, що контролюють російські військові, були сильно заміновані), які стали дрейфувати у водах Дніпра і Чорного моря. Також, у потоках води з Каховського водосховища були і токсичні відходи виробництв, поклади, яких залишаться в обмілілій частині, засохнуть і розноситимуться з пиловими бурями. Крім того, затоплення населених пунктів, у тому числі вигрібних ям, сільськогосподарських земель, автозаправок означає, що у море потрапило нетипово великий обсяг забруднювачів. Це може вплинути на різні групи живих організмів - від планктону до китоподібних у Чорному морі, наголошує група українських екологів [2]. Під водою опинилися склади з небезпечними для природи та людей речовинами, а також могильники худоби, зокрема зараженої сибіркою. Після цієї катастрофи сталася масова загибель риби та тварин. Також сталася загибель прісноводної риби, яка потрапила у солоні води Чорного моря. Одночасно від масивного напливу прісної води загинула і частина чорноморської фауни, зазначає міністерство аграрної політики України [3].

Великою екологічною трагедією для всього Чорноморського регіону стала «…15 грудня 2024 року у Керченській протоці, коли затонули два російські танкери – «Волгонефть-212» та «Волгонефть-239». Внаслідок цієї аварії у Чорне море потрапило понад 4 000 тон мазуту, що спричинило утворення масштабної нафтової плями. Екологи на даний момент підтвердили, що наслідками цієї катастрофи стало забруднення

узбережжя та загибель щонайменше 61 дельфіна та 700 морських птахів» [4]. Забруднення протяжністю 200 м було виявлено у межах нацпарку «Тузлівські лимани» на Одещині, де також відбулося масове викидання медуз виду аурелія вухата (Aurelia aurita), що, ймовірно, були забруднені мазутом [5]. Існує негативний вплив розливу мазуту на екосистему моря в цілому для всіх жителів Чорноморського регіону. Цей мазут зараз у твердому такому стані. Коли почнеться тепло, він буде розчинятися у воді і через воду, через харчові ланцюги, він буде впливати на все живе, що є у Чорному морі. І звісно, на здоров'я людей, які будуть відпочивати на узбережжях Азовського і Чорного морів.

Мазут – це речовина, що швидко осідає на морське дно, де його майже неможливо ліквідувати технічними засобами. У разі відсутності своєчасного прибирання, залишки мазуту можуть проходити біодеградацію протягом десятиліть, поступово отруюючи морську екосистему.

Ситуацію загострює і те, що Росія продовжує використовувати застарілі танкери для транспортування нафти в обхід санкцій. Зокрема, 09 лютого 2025 року у російському порту Усть-Луга, що неподалік Санкт-Петербурга, зазнав аварії танкер зі 130 тисяч тонами мазуту. Так званий «тіньовий флот» РФ, що підтримує фінансування війни проти нашої держави, може стати джерелом нових екологічних катастроф у морях, що омивають Європу [4].

У підсумку необхідно зазначити що, екоцид тягне за собою зникнення флори, вимирання фауни, отруєння атмосфери або водних ресурсів. Екологічні злочини Росії в Україні порушують не лише національне, а й міжнародне право. Дія екоциду повільно поширюється на територію чималої кількості держав. Для відновлення екосистем знадобляться десятки років. Тому, необхідно ввести єдиний, ефективний міжнародний механізм протистояння цьому злочину. Екоцид Росії в Україні під час повномасштабної війни необхідно розслідувати і злочинці повинні бути неодмінно покарані, а Росія зобов'язана виплатити репарації за нанесення шкоди довкіллю України та інших держав.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екоцид: Одеська прокуратура розпочала кримінальне провадження за фактом загибелі дельфінів у Чорному морі. URL: https://www.048.ua/news/3457676/ekocid-odeska-prokuratura-rozpocala-kriminalne-provadzenna-za-faktom-zagibeli-delfiniv-u-cornomu-mori-video

2. Катастрофа планетарного масштабу: якими будуть екологічні наслідки теракту на Каховській ГЕС. URL: https://www.unian.ua/ecology/katastrofa-planetarnogo-masshtabu-yakimi-budut-ekologichni-naslidki-teraktu-na-kahovskiy-ges-12289350.html

3. Незворотні зміни. Як знищення греблі Каховської ГЕС нашкодить українській екології. URL: https://suspilne.media/498772-problemi-z-vodozabezpecennam-ekologieu-infekcii-vtrati-ridkisnih-tvarin-ekolog-pro-naslidki-pidrivu-kahovskoi-ges/

4. Мазут в Чорному морі після аварії російських танкерів: ситуація, наслідки та перспективи. URL: https://letsdoitukraine.org/2025/02/ldu-mazut-v-chornomu-mori/

5. Тисячі медуз із ознаками забруднення мазутом викинуло на берег Одещини / Фото. URL: https://www.blackseanews.net/read/227312

УДК 504.06

ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ НА ПРИКОРДОННІ

Бордакова І.І.
Сумський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

Україна продовжує стикатися з серйозними наслідками для своєї природи та екосистеми через збройну агресію росії. Військові дії призводять до руйнування природних місць, забруднення водних джерел, знищення лісів та загрози біорізноманіттю. Негативний вплив на здоров'я місцевих мешканців також стає все більш помітним [1].

Прикордонні райони, наприклад Сумська область, давно є прифронтовою зоною з мінометними та авіаційними обстрілами, які сумчани та жителі прикордоння відчувають майже кожного дня і ночі.

Державна екологічна інспекція у Сумській області обстежувала місця обстрілів, де це було можливо, за результатами чого оцінювала шкоду, нанесену довкіллю. Тільки у 2024 році Державна екологічна інспекція у Сумській області здійснила 466 розрахунків та нарахувала 1 934 460 554 грн збитків, заподіяних навколишньому природному середовищу внаслідок збройної агресії російської федерації на території Сумської області.

Загалом, упродовж 2022-2024 років Державна екологічна інспекція у Сумській області нарахувала понад 4,6 мільярди гривень за 617 задокументованими фактами негативного впливу на довкілля, зокрема:

– за засмічення земельних ресурсів – 1 млрд 834 млн 606 тис. 495 грн;

– за забруднення атмосферного повітря – 978 млн 490 тис. 686 грн;

– за засмічення/забруднення водних ресурсів – 1 млрд 834 млн 148 тис. 303 грн [3].

Одним із негативних факторів знищення екосистеми є пожежі, зважаючи на те, що у більшості випадків вони виникають внаслідок артобстрілів, бомбардувань, влучення безпілотних апаратів та інших видів зброї. Наслідком цього є велика загроза для різних екосистем: загибель величезної кількості особин різних видів фауни та флори, забруднення атмосферного повітря сполуками сірки, азоту, незгорілими вуглеводнями, накопиченими у біомасі важкими металами тощо, а також викиди великих обсягів двоокису вуглецю (CO_2) [4].

Крім того, слід зазначити, що вибухи здійснюються з різнокаліберного озброєння і внаслідок чого виникають пожежі та згорання військової техніки та боєприпасів, які разом спричиняють тривале забруднення ґрунтів, поверхневих водойм та водоносних горизонтів низкою токсичних речовин, включаючи залишки вибухівки (тротил, гексоген тощо) та їх метаболітів, нафтопродукти та важкі метали з корпусів снарядів і знищеної техніки.

Особливо токсичним є ракетне паливо із застарілих ракет та реактивних снарядів, які масово застосовують окупаційні війська. При підриві снарядів, особливо ракет, ракетного палива, вони потрапляють в ґрунт, попадаючи на відкрите повітря, окислюються і продукти цих оксидів є дуже неприємними речами з точки зору здоров'я людини, крім того викликають мутації ДНК, які впливають на спадковість, в також впливають на збільшення захворюваності онкологічного характеру.

Що стосується ґрунту для аграрної сфери та і не тільки, то частина орних земель вибуває з використання, руйнуються шари ґрунту, вони отруюються продуктами розпаду речовин, які підриваються і велика проблема в тому, що ці речовини можуть мігрувати в ґрунтові води, потрапляти в колодязі в сільській місцевості.

Потрапляючи у ґрунти та ґрунтові води небезпечні речовини поступово мігрують, потрапляють у водойми, а також на всьому шляху накопичуються в тканинах живих організмів, спричиняючи їхню загибель. Більш вразливими в цьому плані є види, які

мешкають у водоймах, або проводять на них значну частину свого життя, як от водоплавні птахи. Існує також явище біомагніфікації, яке полягає в тому, що концентрації забруднюючих речовин зростають для організмів, що розташовані вище у харчовому ланцюгу. Це призводить до того, що найпершими від забруднення можуть загинути види, розташовані на вершині харчової піраміди (наприклад, хижі птахи, звірі або навіть люди).

Слід зазначити, що велика площа сільськогосподарських земель та земель лісового масиву на прикордонних територіях можуть бути небезпечними, а саме це замінованість, нездетановані боєприпаси та розтяжки. В ЄС прогнозують, що на розмінування України потрібно майже 10 років [2].

Агресія російської федерації проти України вносить свої корективи, що вимагає додаткової координації зусиль не лише державних органів, а й громадськості, міжнародних організацій, кожного громадянина. Розроблення та визначення програм для відтворення різних екосистем для кожного регіону України окремо, в післявоєнний час повинно стати в пріоритеті для нашої держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна екологічна інспекція України. Щотижнева інфографіка: Збитки для екології України від збройної агресії рф. URL: https://www.dei.gov.ua/post/2708 (дата звернення 23.01.2025).

2. Довбня Х., Ворона К. Еколог про вплив обстрілів на екосистему Сумщини. URL: https://suspilne.media/sumy/554681-na-vidnovlenna-dovkilla-prirodnim-slahom-znadobitsa-20-30-rokiv-ekolog-pro-vpliv-obstriliv-na-ekosistemu-sumsini/ (дата звернення 23.01.2025).

3. Касаткіна А. Майже 2 млрд грн екологічних збитків завдали росіяни обстрілами по Сумщині. URL: https://rama.com.ua/majzhe-2-mlrd-grn-ekologichnih-zbitkiv-zavdali-rosijani-obstrilami-po-sumshhini/ (дата звернення 23.01.2025).

4. Кученко Б. Як війна впливає на природу України та чому збереження й відновлення природних екосистем є важливим у повоєнному відновленні. URL: https://ecoaction.org.ua/iak-vijna-vplyvaie-na-pryrodu.html (дата звернення 23.01.2025).

УДК 338.054

ВПЛИВ ВІЙНИ ТА ЇЇ НАСЛІДКИ НА ЕКОЛОГІЧНУ СИТУАЦІЮ В УКРАЇНІ

Вітер І.М.
Фаховий коледж «Університет» Київського столичного університету імені Бориса Грінченка м. Київ

Повномасштабне вторгнення росії в Україну з 24 лютого 2022 року завдає колосальної шкоди не лише людям та інфраструктурі, але й дикій природі. Через активні бойові дії та тактичні обмеження, повний обсяг збитків оцінити поки неможливо, але очевидно, що чим довше триватимуть військові дії, тим більшими будуть наслідки для довкілля.

Враховуючи досвід попередніх війн у різних країнах, та окупації Криму і частини Донбасу у 2014 році показує, що бойові дії та дії окупаційних адміністрацій завдають значної шкоди природі. Аналізуючи ці події, можна спрогнозувати наслідки теперішнього повномасштабного вторгнення:

- Вплив на ландшафт: російські війська, нажаль, проводять військові дії навіть на території природно-заповідного фонду України, також готуючись до тривалих боїв, просуваються вглиб природних територій, будуючи бази та фортифікації, такі дії призводять до пошкодження ґрунтового покриву, деградації рослинності та ерозії, особливо вразливі рідкісні та ендемічні види, що мешкають у цілинних степах, на крейдяних схилах. Значні площі лісів на півночі та сході України перебувають під окупацією, де росіяни не лише знищують дерева для фортифікацій, а й залишають після себе небезпечні боєприпаси [1].
- Втрата біорізноманіття та загроза червонокнижним видам: бойові дії порушують спокій диких тварин, багато з яких гинуть або змушені тікати, до прикладу лише протягом 2022 року вчені України, Румунії, Болгарії, Туреччини та Грузії зареєстрували близько 1000 випадків загибелі китоподібних Чорного моря. Однак, враховуючи, що це лише підтверджені випадки, реальна цифра може бути значно вищою. Однією з головних причин цієї трагедії, на думку дослідників, є акустичний вплив. Військові дії в регіоні, зокрема використання радарів військових кораблів та підводні вибухи, створюють потужні звукові хвилі. Ці хвилі дезорієнтують, травмують і, навіть, вбивають дельфінів, які надзвичайно чутливі до звуку. Також вразливий є весняний період, оскільки бойові дії загрожують виведенню потомства птахів та ссавців, зокрема рідкісного лося.
- Пожежі в екосистемах: обстріли спричиняють пожежі в екосистемах, особливо в сухих умовах, на окупованих територіях неможливо ліквідувати загоряння вчасно, торфові пожежі, які поширені на півночі країни є особливо небезпечними через складність гасіння та виділення токсичних речовин.
- Хімічне забруднення: ракетні обстріли та артилерійські удари призводять до утворення токсичних хімічних сполук, які забруднюють повітря, ґрунт та воду, а металеві уламки снарядів, що потрапляють у ґрунт, можуть мігрувати до ґрунтових вод та харчових ланцюгів.
- Забруднення ґрунтів та моря нафтопродуктами: атаки на портову інфраструктуру та кораблі призводять до забруднення моря нафтопродуктами, що негативно впливає на морські біоценози, порушуючи їхню структуру формуючи плівки на поверхні води, що порушує обмін енергією, теплом, вологою та газами між морем і атмосферою, крім того, вони напряму впливають на фізико-хімічні та гідрологічні умови, викликаючи загибель риби, морських птахів і мікроорганізмів. [2] Усі компоненти нафти токсичні для морських організмів, також у нафти є ще одна побічна властивість: її

вуглеводні здатні розчиняти низку інших забруднюючих речовин, таких як пестициди, важкі метали, які разом із нафтою концентруються в приповерхньому шарі та ще більше отруюють його. Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що згодомо призводить до загибелі.

- Наслідки від пожеж на промислових об’єктах: обстріли об’єктів промисловості та інфраструктури призводять до пожеж, які спричиняють додаткове забруднення повітря, ґрунту та води. Оскільки, продукти горіння, які потрапляють, у повітря складаються з токсичних газів і твердих частинок, на цих об’єктах також буде значне забруднення ґрунту та води.

Отже, аналізуючи вище вказані факти, після війни Україна зіткнеться з руйнуванням екосистем, забрудненням ґрунтів, втратою біорізноманіття та зростанням кількості шкідників. Варто також розуміти, що відбудова країни потребуватиме значних природних ресурсів та може призвести до збільшення викидів парникових газів, тому важливо, щоб план відновлення України включав заходи з відновлення та збереження екосистем, а також природоорієнтовані рішення та адаптацію до зміни клімату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству / за заг. ред. О. Кравченко // Львів, 2015. С. 77–79.

2. Чугай А.В., Сафранов Т.А. Методи оцінки техногенного впливу на довкілля. Навчальний посібник. Одеса: Букаєв Вадим Вікторович, 2021. 118 с.

3. Екодія. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. URL: https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html

УДК 502.3.

ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗНЕВОДНЕННЯ ПІСКУ ПРОМИСЛОВИМИ СПОСОБАМИ

Белюченко Д.Ю., *к.т.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Пісок – це осадова гірська порода, що складається з зерен кварцу (найчастіше). Розмір зерен – не більше 5 міліметрів. Пісок видобувають у кар'єрах або на берегах річок, причому природна або штучна промивка водою дозволяє видалити з нього пилоподібні частки і чужорідні вкраплення (наприклад, глину). Фахівці розрізняють кілька різновидів піску – за ступенем очищення, за величиною зерен, за матеріалом породи.

Згідно [1] існують промислові способи зневоднення піску, які за характером фізичного процесу видалення вологи з матеріалу поділяють на механічні способи та термічне сушіння. У промисловості для зневоднення піску винятково поширення набули різні механічні способи та засоби зневоднення піску, застосування яких одночасно розглядається як невід'ємна частина комплексного вирішення проблеми запобігання змерзанню матеріалів та збереженню їх сипких властивостей. Застосування термічного способу зневоднення піску як кардинального рішення допускається лише в окремих випадках через високу енергоємність процесу. Найпростіші та найбільш застосовувані способи з них, це рішення, що забезпечують гравітаційне зневоднення намитих штабелів піску. Однак це рішення має ряд серйозних недоліків а саме зниження якості видобутого піску пов'язана з неконтрольованим коливанням рівня його вологості, яке нерідко призводить до негативних наслідків порушення технологічного процесу виготовлення бетону, будівельних розчинів та сумішей, а в кінцевому підсумку до зниження якості продукції. Встановлено, неврахована зміна вологості будівельного піску тільки на 1 % може привести до зміни рухливості бетонної суміші на 4 см або понизити межу міцності бетону на 2 МПа, а у ряді випадків і більш.

У роботі [2] визначено що механічні способи та засоби по граничному ступеню видалення вологи з піску можна розділити на дві групи: способи та обладнання для попереднього та часткового зневоднення піску, застосуванням яких гравітаційна волога видаляється частково, реалізуються застосуванням механічних класифікаторів, гідроциклів, віброзневоднювачів (вологість коливається в межах 10–25 %); способи обладнання для глибокого зневоднення застосуванням яких практично повністю видаляється гравітаційна волога та стабілізується вологість показник якої не перевищує величину найменшої вологоємності, реалізується засобами центрифугування, вакуумування та комбіновані способи (вологість коливається в межах 0,5–3 %). Всі ці технічні засоби, обладнання та його компоненти, будівельні конструкції знаходяться в корозійно-активному середовищі та підлягають спеціальному захисту та місця їх розміщення.

Для зменшення вологості піску було проведено дослідження з застосуванням термічного способу зневоднення в поєднанні з механічними способами зневоднення піску [3]. Ці дослідження були проведені з метою вивчення можливостей запозичення подібних способів, які використовуються для зневоднення піску у гірничорудний, вугільній та хімічних галузях промисловості (сушильні барабани, труби-сушарки тощо). Результати дослідження показали [4–5], що незважаючи на значні коливання вологості піску у вихідному матеріалі від 26–56 % на виході з апарату вологість не перевищувала 3 %, витрата тепла на 1 кг речовини, що випаровується, склали 3680–3980 кДж. Встановлено,

що застосування зазначеного способу для зневоднення піску в промислових масштабах через високу енергоємність недоцільно.

Метою роботи є визначення залежності часу зневоднення піску від запропонованого обладнання, розробка раціональних параметрів та складання методики розрахунку цього обладнання на основі експериментальних та теоретичних досліджень режимів роботи процесу зневоднення будівельного піску за крупністю на складах дренування із застосуванням вакуумної установки через спеціальні голкофільтрові елементи всмоктувальної системи.

Граничні та початкові умови розглянутої задачі приймаємо у вигляді:

$$\left.\begin{array}{ll} \left.\dfrac{\partial U}{\partial x}\right|_{x=0} = 0; & \left.\dfrac{\partial U}{\partial y}\right|_{y=0} = 0 \\ U\big|_{x=a} = f(y)\cdot\psi(t); & U\big|_{y=b} = \varphi(x)\cdot\mu(t) \end{array}\right\} \quad (1)$$

де, *f(y)* – функція, що описує характер кривої депресії в перерізі потоку з координатами $y = b$, $0 \le x \le a$;

$\psi(t)$ – функція часу, що описує характер неусталеного руху кривої депресії в цьому ж перерізі (при фільтрації, що встановилася $\psi(t) = 1$);

$\varphi(x)$ – функція, що описує характер кривої депресії в перерізі потоку з координатами $x = a$, $0 \le y \le b$;

$\mu(t)$ – функція часу, яка описує характер неусталеного руху кривої депресії в цьому ж перерізі (при фільтрації, що встановилася $\mu(t) = 1$).

Значення функції $U(x, y, t)$ у вигляді добутку допускається лінеаризованим рівнянням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Beliuchenko, D., Tishechkina, K., Hannichenko, T., Salamatina, O. (2023). Study of humidity during sand dewatering using a cone-shaped installation. Key Engineering Materials. 953. 43–51. DOI: 10.4028/p-toG6wu

2. Preene, M. (2014). Techniques and developments in quarry and surface mine dewatering, Proceedings of the 18th Extractive Industry Geology Conference. 194–206.

3. Firth, B. (2003). Hydrocyclones in dewatering circuits. Minerals Engineering. 16(2). 115–120. DOI: 10.1016/S0892-6875(02)00209-1

4. Susanto, H., Setyobudi, H., Faturachman, D., Yandri, E., Hendiarko, A., Daryus, A., Gaile, V., Wahono, S., Mahaswa, R. (2021). Analysis of the Sand Drying Process in the Biomass-Energized Rotary Drying Machine. Mechanical Engineering and Renewable Energy. 58. 93–100. DOI: 10.53560/ PPASA (58-sp1)

5. Solving the Biggest Issues with Washing and Dewatering Sand. URL: https://www.agg-net.com/resources/articles/materials-processing/solving-the-biggest-issues-with-washing-and-dewatering-sand

УДК 614.8

ОЦІНКА УМОВ ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ КРАНІВНИКА КОЗЛОВОГО КРАНУ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Володіна К.О.,
Іващенко М.Ю., *к.т.н, доцент*
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова

Діяльність металургійних підприємств характеризується застосуванням високих температур, використанням легкозаймистих матеріалів та загалом складними технологічними процесами, які, в свою чергу, значно підвищують ризик виникнення загоряння та подальшої пожежі. Тому пожежна безпека, на таких підприємствах, займає критично важливу ланку серед заходів забезпечення безпеки.

Розглядаючи посаду кранівника козлового крану, слів відмітити, що є важливим забезпечення безпеки таких працівників, адже їх робочі місця здебільшого розташовані на значній висоті та вимагають особливої уваги до протипожежних заходів [1].

Основні пожежні ризики на робочому місці кранівника козлового крану являють собою низку небезпечних факторів [1]:

– несправності пов’язані з електричною проводкою, а саме – видимі та/або невидимі пошкодження електричного обладнання, зокрема дроти, з’єднання частин обладнання тощо, коротке замикання яких може призвести до займання;

– неналежне зберігання горючих матеріалів, а саме – наявність легкозаймистих рідин або матеріалів поблизу робочого місця (в кабіні крану) підвищує рівень виникнення пожежі або, навіть, вибуху;

– недотримання вимог з пожежної безпеки, а саме – відсутність або неправильне користування вогнегасником, відсутність протипожежного навчання та інструкцій з пожежної безпеки, особиста недбалість під час навчань та проведення інструктажів. (Хоча цей підпункт маловірогідний, але виключати його все ж не можна.)

Збереження здоров’я та працездатність кранівників козлових кранів від впливу небезпечних та шкідливих факторів є однією з основоположних проблем у галузі охорони праці на кранах різного призначення у промисловості. Поряд з порівнянням кранів різного призначення, козлові крани є предметом підвищеної небезпеки. Під час роботи козлових кранів небезпеки наражаються не тільки на обслуговуючий персонал, а й на особи, які перебувають у зоні роботи вантажопідйомного пристрою [1]. Виділяються три основні причини виникнення аварій на козлових кранах – це руйнування канатів, руйнування елементів конструкцій та стомлюваність операторів.

Також на кранівника на робочому місці впливають загальна та локальна вібрація. Загальна вібрація відчувається під ногами і сидіння оператора, локальна – на рукоятках управління контролера. В результаті роботи механізмів переміщення крана та механізмів переміщення вантажного візка, в кабіні оператора крана, переважно переважає вібрація механічного походження.

Оцінка факторів напруженості праці машиніста крана показала, що напруженість трудового процесу кранівника визначається з наступних параметрів: тривалість зосередженості спостереження, навантаження на слуховий аналізатор, ступінь ризику для власного життя та життя оточуючих.

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» зосереджує пильну увагу ризикам у галузі охорони праці, і кожен співробітник несе за них відповідальність. Для зниження основних ризиків у сфері охорони праці на підприємстві розроблено 11 стандартів, які діють на рівні корпорації, – ArcelorMittal Fatality Prevention Standards (Стандарти запобігання

нещасним випадкам із смертельними наслідками ArcelorMittal). Всі працівники проходять навчання щодо вимог цих стандартів [2, 3].

Заходи щодо поліпшення забезпечення пожежної безпеки на робочому місці кранівника є обов'язковими та надважливими, оскільки тяжка праця та напруга повинні нівелюватися відчуттям безпеки та захищеності.

Фундаментальним є регулярні перевірки та обслуговування устаткування, на якому працює кранівник. Повинні проводитися планові огляди та технічне обслуговування електричних та механічних складових обладнання, для виявлення та усунення виникнення потенційних джерел займання та надзвичайних ситуацій. Також за необхідності, або при виявлення співробітниками пошкоджень, повідомляти безпосередньому керівництву та робити позаплановий ремонт [3, 4].

Регулярні інструктажі з пожежної безпеки та навчання користуванням первинними засобами пожежогасіння забезпечить психологічну стабільність кранівника щодо дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій, особливо з погляну на сьогодення.

Обов'язково, технічним паспортом кабіна козлового крану повинна облаштовуватися вогнегасником відповідного типу та забезпечувати постійну доступність до нього [3, 4]. Також зі сторони працівника кабіни необхідно дотримуватися правил утримання в чистоті робочого місця, та унеможливити захаращення робочої зони.

На підприємстві мають бути розроблені детальні інструкції з протипожежної безпеки кранівників, а також контроль за їх дотриманням.

Технічною складовою пожежної безпеки на робочому місці кранівника є його облаштування системами моніторингу для виявлення ранніх ознак пожежі, та оперативного реагування на повідомлення таких систем.

Виконання вищезазначених заходів дозволяє мінімізувати ризики виникнення загоряння та забезпечує безпечні умови праці для кранівника козлового крану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ Мінекономіки № 422 від 02.03.2021 р. «Про затвердження професійного стандарту машиніста крана». URL: https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/313-masinist_krana_kranivnik.pdf

2. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»: офіційний сайт. URL: https://ukraine.arcelormittal.com/

3. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text

4. Політика в області охорони праці ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». URL: https://krr-ec-cdnen02.azureedge.net/www-static/2023/01/Polytyka-OT-AMKR-2021-ukr.pdf

УДК 620.91:662.997

ПОТЕНЦІАЛ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ

Горбачова О.С.
Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Органічні відходи є значним невикористаним ресурсом, який може стати основою для стійкого енергетичного розвитку. В умовах зростання енергетичних потреб і необхідності зменшення викидів парникових газів, переробка органічних відходів на біогаз, біовугілля та рідкі біопалива набуває особливого значення. Ці технології не лише сприяють скороченню обсягів відходів, а й забезпечують економічно доцільну заміну традиційним видам палива.

Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), біогазові установки в країнах Європейського Союзу щорічно виробляють понад 15 мільярдів кубометрів біогазу, що еквівалентно 15 мільйонам тон нафти [1]. Це значне досягнення, яке підкреслює важливість біогазу як джерела відновлюваної енергії та його потенціал для зменшення залежності від викопних палив.

Данія є яскравим прикладом успішного впровадження біогазових технологій. У цій країні до 2030 року планується повністю перейти на біометан як джерело палива для транспорту. Це амбітна мета, яка підкреслює важливість біометану для досягнення кліматичних цілей та забезпечення енергетичної безпеки. Вже зараз частка біометану в газовій системі Данії досягла майже 40 %, і очікується, що до 2030 року цей показник досягне 100 % [2].

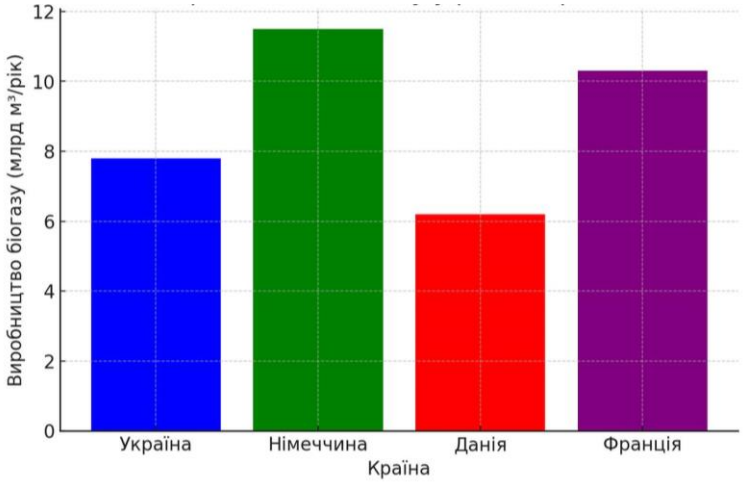


Рис. 1. Виробництво біогазу в різних країнах.

Згідно з дослідженням Європейської біогазової асоціації, потенціал біогазу в Україні оцінюється у 7,8 мільярдів кубометрів на рік. Це може замістити до 20 % імпорту природного газу, що є значним внеском у енергетичну незалежність країни. Використання біогазу також сприятиме зменшенню викидів парникових газів та покращенню екологічної ситуації в країні [3].

Методи енергетичного використання органічних відходів:

1. Біогазова технологія

Органічні відходи містять значну кількість біополімерів, які під дією анаеробних бактерій розкладаються до метану (CH_4) та вуглекислого газу (CO_2). Вміст метану в

біогазі становить 50–70 %, що робить його придатним для використання в енергетичному секторі.

Прорахунок енергетичного потенціалу біогазу:

1 тонна харчових відходів може виробити приблизно 100–150 м³ біогазу, то енергетичний потенціал становить: 3580 МДж–5370 МДж.

Це залежить від складу відходів та умов ферментації.

Теплотворна здатність метану становить 35,8 МДж/м. Це означає, що 1 м³ метану може забезпечити 35,8 МДж енергії [4].

Електропостачання будинку:

1 кВт·год=3,6 МДж

Середнє споживання будинку = 600 кВт·год/місяць

1 тонна відходів забезпечує: 994,4 кВт·год–1491,7 кВт·год.

Це означає, що 1 тонна відходів може забезпечити електропостачання будинку протягом приблизно 2 місяців: 1491,7 кВт·год / 600 кВт·год/місяць ≈ 2,49 місяця.

Таким чином, 1 тонна харчових відходів може забезпечити електропостачання будинку протягом приблизно 1,5–2,5 місяців, залежно від кількості виробленого біогазу.

2. Біовугілля та піролізні технології

Піроліз органічних відходів дає змогу отримати біовугілля, що є альтернативою традиційному кам'яному вугіллю. Цей процес включає термічне розкладання органічних матеріалів у відсутності кисню, що призводить до утворення твердого вуглецевого продукту, відомого як біовугілля. Біовугілля має теплотворну здатність до 25 МДж/кг, що робить його ефективним джерелом енергії [5].

Застосування біовугілля:

1. Промисловість: Біовугілля може використовуватись як паливо для промислових котлів та печей, забезпечуючи стабільне та ефективне джерело енергії.

2. Генерація електроенергії: Біовугілля може бути використане для виробництва електроенергії на теплових електростанціях, що дозволяє зменшити залежність від викопного палива.

3. Сільське господарство: Біовугілля може використовуватись як добавка до ґрунту, покращуючи його структуру та родючість.

Енергетичне використання органічних відходів має величезний потенціал для сталого розвитку. Біогазові технології, піролізні методи та виробництво біопалива можуть значно зменшити залежність від викопного палива та сприяти екологічно безпечному використанню ресурсів. Для реалізації цього потенціалу необхідна підтримка з боку держави, інвестиції у сучасні технології та вдосконалення законодавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gustafsson, M., Meneghetti, R., Souza Marques, F., Trim, H., Dong, R., Al Saedi, T., Rasi, S., Thual, J., Kornatz, P., Wall, D., Berntsen, C., Saxegaard, S., Lyng, K.A., Nägele, H.J., Heaven, S., Bywater, A. (2024). A perspective on the state of the biogas industry from selected member countries. Gustafsson, M., Liebetrau, J. (Ed.) IEA Bioenergy Task 37. 2.

2. Biogas Outlook 2023. URL: https://biogas.dk/wp-content/uploads/2023/06/Biogas-Outlook-2023-English-20-June-2023.pdf (дата звернення: 01.03.2025).

3. Special section: Biogas and biomethane. URL: https://www.iea.org/reports/renewables-2023/special-section-biogas-and-biomethane (дата звернення: 28.02.2025).

4. Скільки енергії міститься у біогазі - AgroBiogas. URL: https://agrobiogas.com.ua/more-energy-to-get-away-from-biogas/ (дата звернення: 01.03.2025).

5. Енергія біогазу з органічних відходів. URL: https://surl.li/rwolaz (дата звернення: 27.02.2025).

УДК 504.05.06:574

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИДОБУВАННЯ ТИТАНУ

Горишнякова Я.В.,
Аніщенко Л.Я., *д.т.н., доцент*
Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

У зв'язку з розвитком гірничодобувної промисловості посилюються вимоги до екологічних аспектів на всіх етапах виробничого циклу. Видобування титанових руд створює значний антропогенний вплив на навколишнє середовище, особливо на водні ресурси. Виходячи з цього постає необхідність у застосуванні більш ефективних методів оцінки екологічної безпеки.

У попередніх дослідженнях авторами розглядалися питання щодо особливостей визначення критеріїв необхідності проведення післяпроектного моніторингу планованої діяльності [1], комплексного підходу до виконання оцінки екологічної безпеки видобутку титану [2], а також обґрунтування організації та проведення післяпроектного моніторингу на конкретному об'єкті [3].

Метою даного дослідження є комплексна оцінка екологічної безпеки видобування титанових руд на етапі післяпроєктного моніторингу із застосуванням методу аналізу ієрархій для визначення пріоритетних факторів впливу, прогнозування змін екологічного стану та розробки природоохоронних заходів. Додатково авторами досліджується можливість удосконалення системи моніторингу та інтеграції сучасних технологій у процес екологічного менеджменту.

Методологія дослідження базується на використанні методу аналізу ієрархій Томаса Сааті (MAI), адаптованого до екологічних завдань [4], що дозволяє систематизувати оцінку екологічної безпеки. Створено багаторівневу модель оцінки, що включає: геологічні характеристики родовища; основні екологічні показники та їх динаміку; фактори впливу, пов'язані із забрудненням підземних і поверхневих вод; аналіз ефективності природоохоронних заходів та варіантів сценарного прогнозування змін екологічного стану.

Для валідації отриманих даних використовувалися методи математичного моделювання, лабораторні дослідження проб води та ґрунту, а також експертний аналіз з використанням сертифікованої комп'ютерної програми для багатокритеріальної оцінки впливу планованої діяльності на довкілля [4].

Висвітлення основних результатів. По результатам дослідження встановлено, що найбільші впливи на довкілля становлять хімічне забруднення вод, зміни гідродинамічного режиму та деградація ґрунтів. Запропоновано оптимізацію післяпроєктного моніторингу шляхом розширення спостережної мережі та використання сучасних методів очищення вод.

Дослідження запропонованої моделі оцінки екологічної безпеки видобування титану з використанням MAI дозволило виділити найбільш уразливі компоненти, що потребують контролю.

Проведено аналіз факторів впливу на екологічну безпеку, що включає: вплив видобування титанових руд на підземні води та можливі наслідки їх забруднення; зміни рівня ґрунтових вод та їх довгострокові екологічні наслідки; деградацію земель через ерозійні процеси та втрату родючого шару; аналіз впливів на біоту, включаючи вплив на флору та фауну регіону видобутку.

Проведено порівняльний аналіз ефективності різних *природоохоронних заходів*, серед яких виділені основні: використання замкнених систем водокористування для зниження витрат водних ресурсів; впровадження сучасних фільтраційних систем для зменшення скидів у водні об'єкти; програми рекультивації порушених територій із застосуванням біотехнологічних методів; використання екологічно чистих технологій видобування для мінімізації утворення відходів. Виконано моделювання довгострокових екологічних наслідків видобування титану та оцінено потенціал екосистемної реабілітації. Розроблено рекомендації щодо застосування сучасних технологій для зменшення негативного впливу видобування.

Доведено, що адаптований метод аналізу ієрархій є ефективним інструментом для оцінки ризиків та прийняття рішень у сфері екологічного менеджменту гірничодобувної промисловості. Його застосування дозволяє:

- провести глибокий аналіз екологічних впливів, пов'язаних із видобуванням титану.
- оптимізувати систему післяпроєктного моніторингу шляхом інтеграції сучасних методів оцінки.
- визначити критичні екологічні параметри та розробити цільові природоохоронні заходи.
- використати математичне моделювання для прогнозування змін екологічного стану в регіоні видобування.
- підвищити ефективність екологічного менеджменту за рахунок комбінування аналітичних підходів та експертного оцінювання.

Таким чином, отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення екологічного контролю та розробки рекомендацій щодо сталого природокористування у видобувній промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аніщенко Л.В., Горишнякова Я.В. Особливості визначення критеріїв необхідності проведення післяпроєктного моніторингу планованої діяльності. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: матеріали XVIII Міжнар. наук.-практ. конф. м. Харків, 15–16 верес. 2022 р. Харків, 2022. С. 12–14. URL: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2022.pdf

2. Маркіна Н.К., Горишнякова Я.В. Наукове обґрунтування організації післяпроєктного гідрохімічного моніторингу в титанодобувних регіонах. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Кременчук: КрНУ, 2023. Вип. 2 (139). С. 46–54. URL: https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.2.6

3. Аніщенко Л.В., Горишнякова Я.В. Комплексна оцінка екологічної безпеки видобування титану відкритим способом на етапі післяпроєктного моніторингу// Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: матеріали XIX Міжнар. наук.-практ. конф. м.Харків, 14–15 верес. 2023 р. Харків, 2023. С. 22–27. URL: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2023.pdf

4. Комп'ютерна програма «Program of analytical system of strategic environmental assessment. Analytic hierarchy/network process» / Л.А. Пісня, Л.Я. Аніщенко, Б.С. Свердлов, С.Б. Свердлов. Номер свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір: 121616. Дата реєстрації авторського права: 06.12.2023. Об'єкт авторського права, до якого належить твір: 16. Комп'ютерні програми. Дата публікації: 29.12.2023. Номер бюлетеня: 78. URL: https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright

УДК 331.452

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ НА ЗАВОДІ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА ЗА РАХУНОК МІНІМІЗАЦІЇ НЕБЕЗПЕК

Гречка Н.В.,
Костенко Т.В.*, д.т.н., професор*
Національний університет цивільного захисту України

Зернопереробна галузь є однією з ключових у харчовій промисловості та сільськогосподарському секторі багатьох країн. Однак, попри її економічне значення, ця галузь характеризується підвищеним рівнем виробничих ризиків, які безпосередньо пов'язані з поведінкою працівників. Згідно з даними Міжнародної організації праці, на підприємствах з переробки зерна щороку фіксується значна кількість нещасних випадків, причиною яких у 70–80 % є саме людський фактор [1]. До прикладу: місто Чернігів, 17 вересня 2023 року: На одному з підприємств під час розвантаження зерна з елеватора відбулося руйнування металевого конуса силосу, внаслідок чого висипалося близько 100 тонн зерна. Під завалом опинилися троє працівників, які, на жаль, загинули [2]. Ці випадки підкреслюють важливість дотримання правил безпеки та регулярного технічного обслуговування обладнання на підприємствах з переробки зерна.

Поведінкові ризики – це ризики, пов'язані з діями, звичками або рішеннями людей, що можуть мати негативні наслідки для їхнього здоров'я, фінансового стану чи загального добробуту. Вони охоплюють як особисту, так і професійну сфери життя. Тому, розуміння природи цих ризиків дозволить керівникам підприємств впроваджувати більш ефективні системи управління безпекою праці та сприятиме формуванню культури безпеки серед персоналу. Одним із найпоширеніших поведінкових ризиків є ігнорування встановлених протоколів безпеки при експлуатації обладнання. Це може проявлятися у вигляді:

– використання несправного інструменту;

– самостійного ремонту обладнання без відповідної кваліфікації.

Згідно статистичних даних, 45 % травм на зернопереробних підприємствах пов'язані саме з неправильною експлуатацією обладнання [3]. Також, працівники часто нехтують використанням ЗІЗ, а саме: респіраторів (особливо критично в умовах підвищеної запиленості), захисних окулярів, спеціального взуття, захисних рукавиць, засобів захисту органів слуху. Лише 62 % працівників зернопереробних підприємств регулярно використовують усі необхідні засоби індивідуального захисту [4].

Силоси, бункери та інші замкнуті простори також представляють особливу небезпеку через:

- ризик накопичення токсичних газів;
- можливість засипання зерном;
- обмежені можливості для евакуації;
- складність надання допомоги у випадку надзвичайної ситуації.

Статистика показує, що до 15 % смертельних випадків на зернопереробних підприємствах пов'язані саме з роботою в замкнутих просторах [5].

Зерновий пил створює не лише респіраторні загрози, але й становить серйозну пожежну та вибухову небезпеку. Тому поведінкові ризики включають:

- паління в недозволених місцях;
- використання інструментів, що можуть викликати іскру;
- недотримання протоколів очищення обладнання від пилу;
- блокування систем вентиляції.

Значний вплив на безпеку також мають:

- робота в нічні зміни;

- понаднормова робота в сезон;
- монотонність деяких операцій;
- стрес через виробничі завдання;
- нерозуміння інструкцій;
- конфлікти між працівниками;
- груповий тиск, що спонукає до ризикованих дій.

Дослідження психофізіологічних аспектів безпеки праці на підприємствах агропромислового комплексу вказує на 30 % зростання ймовірності нещасних випадків під час роботи у другій половині 12-годинної зміни [6]. Тому, задля мінімізації поведінкових ризиків потрібно запропонувати наступні стратегії, а саме:

1. Формування культури безпеки: систематичне навчання персоналу, залучення працівників до розробки інструкцій з безпеки, регулярні інструктажі та тренінги;

2. Психологічні аспекти управління безпекою: впровадження системи мотивації безпечної поведінки, регулярна оцінка психологічного стану працівників, розвиток навичок комунікації та роботи в команді;

3. Організаційні заходи: впровадження системи менеджменту охорони праці відповідно до ISO 45001, розробка детальних процедур для всіх потенційно небезпечних робіт, регулярний аудит дотримання правил безпеки, аналіз «майже нещасних випадків» та превентивні заходи.

Отже, поведінкові ризики працівників на заводах з переробки зерна є комплексною проблемою, яка вимагає системного підходу до вирішення. Розуміння психологічних, організаційних та технічних аспектів цих ризиків дозволяє розробити ефективні стратегії їх мінімізації. Тільки комплексний підхід, який враховує як технічні, так і людські фактори, дозволить суттєво підвищити рівень безпеки на зернопереробних підприємствах та зменшити кількість нещасних випадків, пов’язаних з поведінковими ризиками працівників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародна організація праці. Глобальна оцінка стану безпеки праці в сільськогосподарському секторі. Женева: МОП, 2023.

2. У Чернігові трьох людей засипало 100 тоннами зерна: всі загинули. URL: https://suspilne.media/chernihiv/574431-u-cernigovi-troh-ludej-zasipalo-100-tonnami-zerna-vsi-zaginuli/

3. Петренко О.В., Савченко Л.М., Бойко І.П. Причини травматизму при експлуатації технологічного обладнання на зернопереробних підприємствах. Промислова безпека, 2022. № 8(4). С. 45–63.

4. Ковальчук Т.В. Аналіз використання засобів індивідуального захисту на підприємствах харчової промисловості. Вісник аграрної науки, 2023. № 5. С. 112–125.

5. Міністерство охорони праці. Звіт про стан виробничого травматизму в агропромисловому комплексі України за 2017–2022 роки. Київ: МОП України.

6. Андрійчук М.О. Психофізіологічні аспекти безпеки праці на підприємствах агропромислового комплексу. Науковий вісник охорони праці, 2023. № 4(12). С. 78–95.

УДК 614.8:623.325

ОСНОВНІ ЦІЛІ ТА МЕТА СТВОРЕННЯ РЕЄСТРУ ТЕРИТОРІЙ, ЗАБРУДНЕНИХ/ІМОВІРНО ЗАБРУДНЕНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ

Губенко Г.О.*[1]*,
Пудровський В.О.*[1]*,
Губенко А.О.*[2]*, *канд. наук з держ. упр.,*
[1]*Міжрегіональний центр гуманітарного розмінування та швидкого реагування ДСНС України,*
[2]*Департамент заходів протимінної діяльності апарату Державної служби України з надзвичайних ситуацій*

Створення реєстру територій, забруднених/імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами [1] (далі – Реєстр), викликане наслідками збройної агресії російської федерації проти України, що призвели до забруднення великих територій.

Сьогодні Україна – одна з найзамінованіших країн світу. Потенційно забрудненою є близько чверті її території – 144 тис. кв. км (рис. 1).



Рис. 1. Інтерактивна мапа територій, які потенційно можуть бути забруднені вибухонебезпечними предметами.

Реєстр є складовою частиною Системи управління силами та засобами цивільного захисту ДСНС, яка є функціональною підсистемою єдиної інформаційної системи МВС [2].

Створення Реєстру, зумовлене необхідністю систематизації інформації про небезпечні території, що утворилися внаслідок бойових дій. Реєстр є важливим інструментом для координації гуманітарного розмінування, забезпечення громадської безпеки та інформування населення.

Основні цілі

збір інформації про забруднені/імовірно забруднені території з різних джерел (результати обстежень, геопросторові дані, супутникові знімки тощо).

формування єдиної структурованої бази даних для використання державними органами та міжнародними партнерами;

оцінка масштабів забруднення;

визначення пріоритетів гуманітарного розмінування з урахуванням соціальної значущості територій;

створення інструментів для моніторингу ефективності робіт із розмінування;

надання органам влади доступу до інформації для планування розмінувань і забезпечення безпеки населення;

інтеграція даних із зовнішніми системами для підвищення ефективності управління;

підвищення обізнаності населення про небезпеку ВНП;

створення програм навчання та поширення інформації для зменшення ризиків.

Реєстр забезпечить уніфікований підхід до ведення обліку забруднених територій, що дозволить:

автоматизувати процеси аналізу та звітності;

інтегрувати дані системи управління інформацією з питань протимінної діяльності (The Information Management System for Mine Action) IMSMA Core [3] (рис. 2) та Державного земельного кадастру;

створити базу для розробки сервісів із надання інформації громадянам і організаціям;

використання картографічної основи для візуалізації даних;

впровадження ролей доступу (адміністраторів, створювачів інформації та користувачів);

можливість автоматичного присвоєння статусів територіям (імовірно забруднені, очищені тощо).

Основна мета

Забезпечити повний цикл збору, обробки та збереження інформації для:

зниження загроз життю населення;

планування дій із відновлення безпечної інфраструктури;

покращення міжнародної співпраці у сфері протимінної діяльності.

Реєстр міститиме інформацію з різних джерел. Наповнювати реєстр можуть працівники секретаріату Національного органу з питань протимінної діяльності, представники сільських, селищних, міських рад, військово-цивільних адміністрацій. А також Центру протимінної діяльності та уповноважені урядові підрозділи, що здійснюють гуманітарне розмінування.

Розробка реєстру імовірно забруднених територій відбуватиметься за фінансової підтримки Програми EGAP, що виконується Фондом Східна Європа коштом Швейцарії.

Реєстр слугуватиме важливим інструментом для підвищення безпеки населення, оптимізації ресурсів гуманітарного розмінування та відновлення економічного потенціалу забруднених територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 07 червня 2024 року № 740 «Деякі питання щодо створення, забезпечення функціонування та ведення реєстру територій, забруднених / імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами».

2. Наказ ДСНС України від 01.04.2025 р. № НС-384 «Про введення в постійну експлуатацію центральної підсистеми СУСЗ».

3. Наказ ДСНС України від 17.01.2025 р. № НС-54 «Про введення системи управління інформацією з протимінної діяльності «IMSMA Core» у постійну експлуатацію».

УДК 628.1

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ МІСТ

Душкін С.С., *к.т.н., доцент*
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Системи водопостачання міст є стратегічно важливими інфраструктурними об'єктами, які безпосередньо впливають на здоров'я населення, соціально-економічний розвиток держави та національну безпеку [1]. Водночас, вода є найбільш вразливим компонентом довкілля, схильним до антропогенного впливу. Сучасні реалії характеризуються суттєвим протиріччям між зростаючими потребами у високоякісній питній воді та деградацією водних ресурсів. Незважаючи на важливість цього питання, екологічній безпеці систем водопостачання міст приділяється недостатньо уваги. Відсутність комплексного підходу до вирішення цієї проблеми обумовлює необхідність проведення наукових досліджень та розробки нових рішень.

Розроблено схеми забезпечення екологічної безпеки систем водопостачання міст (далі ЕБВ).

На рис. 1 показана схема функціювання системи водопостачання в екологічному середовище. Зовнішньосистемний рівень ЕБВ відповідає за природні води (нормативи екологічної безпеки водопостачання), внутрішньосистемний рівень – очищена природна вода (санітарно-гігієнічні нормативи якості води).

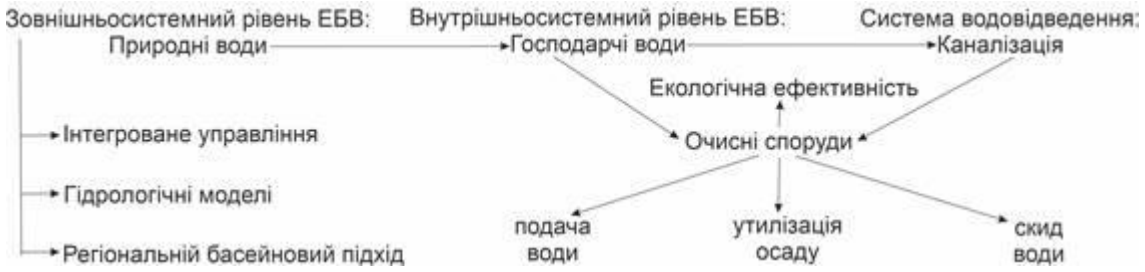


Рис. 1. Схема екологічної безпеки в системі водопровідно-каналізаційного господарства.

Забезпечення екологічної безпеки водопостачання в системі «Довкілля–водопостачання–людина» можна відобразити в матричному вигляді взаємних впливів населення, комплексів водопостачання, водних і техногенних об'єктів (табл. 1) [2].

Таблиця 1. Безпека водопостачання у взаємодії населення, комплексів водопостачання, водних і техногенних об'єктів

	Н	ВО	ТО	СВ
Н	–	Н → ВО	Н → ТО	Н → СВ
ВО	ВО → Н	–	ВО → ТО	ВО → СВ
ТО	ТО → Н	ТО → ВО	–	ТО → СВ
СВ	СВ → Н	СВ → ВО	СВ → ТО	–

де Н – населення, СВ – система водопостачання, ВО – водні об'єкти, ТО – техногенні об'єкти, Н → ВО – забруднення, Н → ТО (СВ) – тероризм, ВО → Н – якість життя (здоров'я людини), ВО → ТО – повені, руйнування, затоплення,

ВО → СВ – заростання трубопроводів, внесення забруднюючих речовин, ТО → Н – здоров'я людини, ТО → ВО – забруднення, ТО → СВ – вичерпання водних ресурсів, СВ → Н – система водопостачання, СВ → ВО – вичерпання водних ресурсів (забруднення), СВ → ТО – охолодження.

Структурно-функціональна схема безпеки водопостачання міст зображена на рис. 2. Безпека водопостачання (далі БВ) – це комплексний стан, який гарантує захист здоров'я людини та навколишнього середовища від потенційних негативних наслідків, пов'язаних з процесами водопостачання. БВ досягається шляхом забезпечення: технічною, санітарно-гігієнічною та екологічною безпекою.



Рис. 2. Схема безпеки водопостачання.

де Технічна БВ – сукупність заходів, спрямованих на безперебійне функціонування систем водопостачання, від водозабору до споживача, санітарно-гігієнічна БВ – це відповідність якості води вимогам державних санітарних норм (ДСанПіН).

Для чинників небезпеки в системі водопостачання встановлено загальні принципи щодо оцінки екологічних ризиків та запобігання аварійним ситуаціям (рис. 3).



Рис. 3. Схема екологічних небезпек в системі екологічної безпеки водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Душкін С.С. Зелене будівництво та інженерні системи. Матер. III міжнар. наук.-практ. конф. молод. вчен. «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ: КНУБА. 2024. С. 455–459.

УДК: 504:550.1:631.1

ПРОБЛЕМИ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ БЕЛІГЕРАТИВНИХ ЗЕМЕЛЬ

Єгорова Т.М.*[1]*, *д.с.-г.наук,*
Бутрим О.В.*[2]*, *д.екон.н., с.н.с.*
[1]*Інститут садівництва НААН України,*
[2]*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління*

Сучасні військові дії на території України створюють величезну низку небезпек, серед яких екологічній складовій належить одне з чільних місць. Усвідомлення екологічних небезпек для аграрного сектора нашої економіки завжди було вагомим для забезпечення продовольчої безпеки. Потенційні незворотні втрати родючих угідь належать до категорії безцінних, національних багатств. Це стосується не лише виведення з господарського обігу земель аграрного сектора в наслідок мінного засмічення, а і проблем накопичення белігеративних (військових) відходів, який складається із широкого переліку його видів. За даними Національний інститут стратегічних досліджень, обсяги відходів від уламків снарядів, медичного і будівельного сміття на території України перевищили об'єм, що залишився у Європі після другої світової війни. Хоча металобрухт, як і будівельні матеріали будуть використані повторно, але це не може бути порівняним з обсягами завданих еколог-економічних втрат, які за даними Державної екологічної інспекціїзараз перевищують 3 трильйони грн, з яких майже 1,2 трлн грн спричинено засміченням понад 22 тис. кв. км земель.

З юридичної точки зору організація шляхів вирішення цих проблем здійснюється традиційно. Міндовкілля України опікується формуванням нормативно-законодавчого підґрунтя щодо питань поводження з відходами [1, 2]. Так, наприкінці 2024 року набув чинності Закон «Про управління відходами». Військові відходи та управління ними стають невід'ємною частиною нашої економіки та впливають на формування бюджетів усіх адміністративних рівнів.

Белігеративне районування земель України із урахуванням як складу відходів, так і природних агрохімічних особливостей ґрунтів, є першочерговими задачами агроекологічного аналізу земель України. Досвід загальнонаукового підходу до подібної проблеми Україна здобула у 1982–1990 роках після аварій на Чорнобильській атомній станції [3]. Тоді було розширено парк лабораторного обладнання та створено ряд лабораторій радіологічного контролю за станом ґрунтів, рослинності, сільськогосподарської виробничої бази.

Наразі класифікацію відходів на території України формує понад 20 груп і кілька сотень їх підгруп, яку затверджено Постановою Кабінету Міністрів України [4]. Специфічних наслідків військових дій опосередковано стосується половина груп цієї класифікації. Серед іншого, специфіку військових дій обумовлюють неорганічні забрудники довкілля. Згадана постанова включає перелік найменувань 51 небезпечної речовини (компонента), у числі яких 20 хімічних елементів і неорганічних сполук. Вивчення питань забруднення ґрунтів і сільськогосподарської продукції такими елементами є важливою складовою агроекологічних досліджень земель України. Задача обтяжується розмаїттям особливостей та інтенсивностей біогенної міграції і переходу хімічних елементів у рослини. Кількісно, це оцінюється за співвідношенням вмісту елементу у золі рослини до його вмісту у ґрунті, що визначається коефіцієнтом біологічного поглинання (Ах). Оцінки Ах для елементів, що вказані у переліку «небезпечних компонентів» відходів України коливаються від 106 для сірки до 0,001 для талію.

З числа 20 хімічних елементів, які включено до списку небезпечних складових (компонентів) відходів, лише половина є елементами, які характеризуються *біофільними властивостями*. Це хімічні елементи, які активно поглинаються рослинами і концентруються у їх тканинах. Це означає, що в умовах белігеративного забруднення, вони будуть активно переходити у сільськогосподарські культури і накопичуватися в них. З найбільшою інтенсивністю переходять у рослини сполуки сірки і фосфору (Ax=106÷75), а також Ag, Zn, Cu, Ba, Sn (Ax=14÷2). Це означає, що навіть при низькій інтенсивності забруднення ґрунтів, їх небезпека для сільськогосподарської продукції буде доволі високою. Рівною мірою зазначене стосується як агроландшафтів орних земель, так і луків і сіножатей, травостій з яких буде застосовуватися для годівлі тварин. Значна група інших хімічні елементи (Be, V, Cr, As, Cd, Sb, Hg, Ta) є елементами з *біофобними властивостями.* Ці хімічні елементи переходять у рослини з концентрацією нижче, ніж у ґрунтах. Тому їх небезпека для агарної продукції на белігеративних землях є найменшою, а забруднення продукції може не проявлятися.

У переліку небезпечних елементів відсутні такі активні біофіли як Mo і Mn (Ax=18÷8). Однак, саме ці елементи знаходяться у нестачі у ґрунтах більшості територій України [2, 5]. Тому у місцях зосередження військових відходів, вони вкрай активно будуть поглинатися рослинами і забруднювати аграрну продукцію. Підвищену небезпеку для Українського Полісся і Західного Лісостепу, поряд із Mo, становить забруднення ґрунтів Co, який при низькій біофільності, характеризується нестачею у більшості ґрунтів цих природних зон.

Із завершенням військових дій на території України та повернення наших земель, агроекологічні дослідження будуть потребувати рівня белігеративного районування територій та його аналітичного забезпечення високого рівня деталізації. Ці дослідження повинні бути взяті за основу при розробці науково обґрунтованих систем заходів щодо відновлення цих територій, а їх реалізація потребуватиме фінансово-організаційної підтримка та контролю з боку держави. Окремої уваги потребує вирішення проблеми сортування і утилізації військових відходів. Комплексне вивчення стану земель окупованих територій вимагає нового етапу розвитку лабораторного аналізу ґрунтів, рослинності, вод, аквакультур та інших компонентів довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Колесніченко О. Проблема на трильйон. Що Україна робитиме із сотнями тисяч тонн сміття, створеного росіянами. Економічна правда, 2023. URL: https://epravda.com.ua/publications/2023/06/19/701281/

2. Єгорова Т.М. Еколого-геохімічні небезпеки белігеративних агроландшафтів. Екологічні науки, 2023. Вип. 3(48). С. 37–41.

3. Проблемы сельскохозяйственной радиологии: сб. научн. ст. под. ред Н.А. Лощилова. Киев, 1991. 222 с.

4. Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів. Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 1247 від 01.11.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1102-2023-%D0%BF#Text

5. Єгорова Т.М. Екологічна геохімія агроландшафтів України: монографія. Київ: ТОВ ДІА, 2018. 264 с

УДК [614+658.382.3](075)

ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ У СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Заярнюк О.В., *к.екон.н., доцент*
Центральноукраїнський національний технічний університет

Екологічна безпека та безпека праці у цивільному захисті є не лише питаннями збереження довкілля, а й визначальними факторами національної безпеки, здоров'я громадян та економічної стабільності країни. Відомо, що забруднення повітря, води та ґрунту внаслідок надзвичайних ситуацій можуть мати довготривалі негативні наслідки для екосистем, а зменшення екологічних ризиків є запорукою збереженню біорізноманіття та природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Викиди 230 мільйонів тон CO_2 еквіваленту за три роки повномасштабної війни чинять вплив на зміни клімату, що веде до екстремальних погодних явищ – посух, повеней, ураганів. Руйнування промислових об'єктів, нафтобаз, лісів та сільськогосподарських земель спричиняє забруднення повітря, води та ґрунту, що неминуче ускладнюватиме життя майбутніх поколінь. Уже сьогодні експерти оцінюють кліматичні збитки, яких завдала росія протягом повномасштабного вторгнення, у 42 мільярди доларів [1]. Україна спільно з іншими країнами світу ще мають розробити заходи з відновлення екосистем і зменшення негативного впливу завданих війною забруднень.

Реальність така, що кожен аспект нашого світу стрімко змінюється, і ці зміни часто супроводжуються зростанням екологічних ризиків. У системі цивільного захисту під екологічними ризиками розуміються наслідки загрози довкіллю, здоров'ю та життю людей, які викликані природними або антропогенними чинниками. Джерелами таких ризиків є:

– техногенні аварії – неконтрольовані викиди небезпечних речовин у навколишньому середовищі через аварії на промислових підприємствах, транспортні катастрофи, витоки радіоактивних матеріалів чи хімічних речовин;

– природні катастрофи – землетруси, повені, урагани, лісові пожежі, які призводять до руйнування інфраструктури, забруднення повітря, води та ґрунту;

– військові дії – руйнування промислових об'єктів, підрив дамб, застосування вибухових речовин та хімічних засобів, що ведуть до масштабних екологічних катастроф.

Візія кращого майбутнього полягає у створенні ефективної системи моніторингу та управління екологічними ризиками, міжнародному співробітництві для ліквідації наслідків екологічних катастроф та розробці стратегії сталого розвитку. Важливою складовою в цьому контексті має стати відновлення екосистем та очищення забруднених територій, удосконалення екологічного законодавства та посилення відповідальності за екоцид, використання сучасних технологій для зменшення впливу небезпечних речовин на довкілля.

Мінімізація негативного впливу антропогенних і природних факторів на навколишнє середовище потребує комплексного підходу, що включає впровадження екологічно безпечних технологій, створення систем моніторингу, розробку стратегій ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та підвищення рівня обізнаності населення.

Одним із пріоритетних напрямів мінімізації екологічних ризиків є застосування екологічно безпечних технологій у промисловості та енергетичному секторі. Практична стратегія впровадження таких технологій передбачає використання ресурсозберігаючих методів виробництва, зменшення рівня викидів шкідливих речовин та перехід на альтернативні джерела енергії. Наприклад, широке застосування відновлюваних джерел

енергії (сонячної, вітрової, геотермальної) дозволяє суттєво скоротити викиди парникових газів, що є однією з головних причин глобального потепління. Крім того, промислові підприємства мають удосконалювати технології очищення стічних вод та газових викидів, застосовувати системи вторинного використання матеріалів та створювати системи підтримки циркулярної економіки. Використання сучасних методів очищення відходів, таких як біотехнології чи плазмова газифікація, дозволяє значно зменшити рівень екологічного забруднення.

Для своєчасного реагування на потенційні екологічні загрози необхідно створювати ефективні системи моніторингу та прогнозування. Такі системи дозволяють виявляти відхилення у стані довкілля, аналізувати динаміку змін та прогнозувати можливі надзвичайні ситуації. Застосування супутникового моніторингу, датчиків контролю якості повітря та води, а також автоматизованих аналітичних платформ сприяє підвищенню точності оцінки екологічних ризиків. Важливим аспектом є розвиток інформаційних технологій у цій сфері, зокрема впровадження систем штучного інтелекту, що дозволяють обробляти великі обсяги даних та оперативно реагувати на загрози.

Підвищення рівня обізнаності людей щодо екологічних ризиків та способів їх зниження є визначальним елементом усього процесу мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій. Важливу роль у цьому відіграють освітні програми, тренінги та масові інформаційні кампанії. Практична стратегія підготовки передбачає проведення регулярних навчань для рятувальників, працівників підприємств та місцевого населення. Такі навчання допомагають сформувати алгоритми поведінки у разі виникнення небезпеки, сприяють швидкій мобілізації ресурсів та підвищують рівень відповідальності кожного громадянина за стан довкілля. Додатково необхідно створювати системи підтримки для громад, які можуть постраждати від екологічних катастроф. Це включає як фінансову допомогу, так і забезпечення людей необхідними засобами захисту, доступом до питної води та медичних послуг. Отже, мінімізація екологічних ризиків та забезпечення безпеки праці у системі цивільного захисту потребує комплексного підходу, що включає впровадження екологічно безпечних технологій, розвиток систем моніторингу, планування заходів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та підвищення рівня обізнаності населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Росія має сплатити за кліматичні збитки від війни в Україні, які зараз оцінюють в понад 42 мільярди доларів. URL: https://ecoaction.org.ua/rosiia-maie-splatyty-klimatychni-zbytky-vijny-v-ukraini.html (дата звернення 02.03.2025 р.).

УДК 331

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

Іщенко І.І.,
Осіпов Ю.О.
Національний університет цивільного захисту України

З початку широкомасштабної агресивної війни, розгорнутою російською федерацією, порушено конституційні права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні та здорові умови праці, які постраждали внаслідок бойових дій на виробництві.

Безпека праці під час військового стану становить серйозну проблему, яка потребує спеціальної уваги та заходів з метою забезпечення захисту працівників. Для системи управління охороною праці бойові дії є зовнішніми небезпечними чинниками, які впливають на систему функціонування підприємства та підвищують ризики виникнення додаткових нещасних випадків на робочих місцях, які є нетипові для мирного часу та мають наслідки різної тяжкості [1].

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

– пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;

– підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

– комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень у галузі науки і техніки та охорони довкілля;

– соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

– встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

– адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;

– використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;

– інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

– забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

– використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Промислова безпека - це стан захищеності життєво важливих інтересів особи і суспільства від аварій на небезпечних виробничих об'єктах і наслідків аварій, що сталися.

Вимоги безпеки – умови, заборони, обмеження і інші обов'язкові вимоги, закладені в нормативних технічних документах, а також норми в області захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, охорони природного довкілля, екологічної безпеки, пожежної безпеки, охорони праці, будівництва.

Джерела підвищеної небезпеки – небезпечні виробничі об’єкти, технічні засоби, речовини і предмети; дії або бездіяльності осіб, що створюють загрозу життєво важливим інтересам особи, суспільству, державі.

До цих джерел, наслідуючи законодавство про захист прав громадян, слід додати і підприємства, що здійснюють підвищено небезпечні види діяльності, деякі види їх продукції, робіт і послуг. Небезпечні виробничі об’єкти підлягають реєстрації в державному реєстрі. При цьому дуже важливим є питання про критерії відношення об’єкту або виду діяльності до класу небезпечних.

Критерії або якісні і кількісні показники небезпеки об’єкту в спеціалізованих правових нормативних актах, відповідно до яких промисловий (оборонний) об’єкт (споруда) відноситься до одного з апріорі небезпечних об’єктів, якщо на об’єкті:

– переробляються, утворюються, зберігаються, транспортуються, знищуються займисті, горючі, вибухові, токсичні речовини (у встановлених кількостях), речовини що окислюються;

– здійснюються гірські роботи, збагачення корисних копалини, роботи в підземних умовах, отримання розплавів чорних і кольорових металів;

– використовується спеціальне устаткування і механізми в умовах, що характеризуються кількісними показниками.

При закріпленні юридичного права діяльності на небезпечному виробничому об’єкті і при здійсненні окремих видів діяльності, що відносяться до підвищеної небезпеки, вимагаються:

– обов’язковість ідентифікації небезпечних виробничих об’єктів відповідно до методики;

– обов’язковість декларування об’єктів підвищеної небезпеки;

– обов’язковість ліцензування;

– обов’язковість страхування відповідальності залежно від міри небезпеки.

Події останніх років (аварії, вибухи, пожежі, руйнування тощо) свідчать про важливість регулярного і кваліфікованого управління безпекою промислового виробництва, як на державному, так і на місцевому рівнях.

Тобто, це пов’язано з постановкою і вирішенням питань регулювання промислової безпеки відносно життя і здоров’я людей, охорони якості довкілля і запобігання економічному збитку. Однією з важливих частин в розробці ефективних методів управління промисловою безпекою є правильна і достовірна експертиза безпеки виробничих об’єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ковальчук В. Трудові відносини під час війни: аналіз норм надзвичайного трудового законодавства України.

2. Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану: Закон України від 01.07.2022 No 2352-IX.

УДК004.738.5:504.05

ВПЛИВ КРИПТОВАЛЮТНОЇ ІНДУСТРІЇ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ: ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ЕЛЕКТРОННІ ВІДХОДИ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ВУГЛЕЦЕВИЙ СЛІД

Калашник Т.В.,
Пітік І.В., *к.т.н.,доцент*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Криптовалютні технології, зокрема, ті, що базуються на механізмі Proof-of-Work (PoW), відіграють все більш значну роль у глобальній економіці. Однак їхнє широке впровадження супроводжується суттєвими екологічними викликами, що включають значне енергоспоживання, зростання вуглецевого сліду, утворення електронних відходів та вплив на місцеві енергетичні системи.

Однією з ключових екологічних проблем є накопичення електронних відходів, спричинене інтенсивною експлуатацією спеціалізованого обладнання для майнінгу. ASIC-майнери, що використовуються для добування криптовалют, мають обмежений термін експлуатації, після чого стають непридатними для будь-якого іншого застосування та підлягають утилізації [1]. Дослідження показують, що обсяг електронних відходів, спричинених майнінгом біткоїна у 2021 році, досяг 30 700 тонн на рік, що еквівалентно приблизно 272 г відходів на кожну транзакцію. Це набагато вище, ніж у традиційних фінансових систем, таких як VISA, де обсяг електронних відходів становить лише 0,0045 г на транзакцію [2].

Відсутність ефективних програм з утилізації та переробки таких пристроїв загострює проблему, особливо у країнах, де регулювання електронних відходів є слабким або відсутнім, наприклад, в Ірані, Казахстані та Малайзії. У цих країнах електронні відходи часто переробляються неформальним сектором, що призводить до викидів токсичних речовин у навколишнє середовище, забруднення ґрунтів, повітря та води [3].

Окрім електронних відходів, криптовалюти PoW характеризуються надзвичайно високим енергоспоживанням. Через конкурентну природу PoW тільки той майнер, який першим розв’язує криптографічну задачу, отримує винагороду, тоді як обчислювальні потужності решти учасників витрачаються марно. Це призводить до колосального споживання електроенергії. Для оцінки загального енергоспоживання мереж PoW застосовуються різні методи, включаючи аналіз хешрейту, економічні моделі та екстраполяцію даних. Проте оцінки залишаються вкрай варіативними, оскільки криптовалютні мережі є децентралізованими і точні дані про використовуване обладнання та його енергоефективність відсутні. За оцінками, річне енергоспоживання біткоїна у 2019 році сягало 87,1 ТВт·год, що майже вдвічі менше, ніж сукупне енергоспоживання всіх дата-центрів світу. Для порівняння, на кожну транзакцію біткоїна витрачається в 58 разів більше енергії, ніж на транзакцію у мережі Visa [2].

Надмірне енергоспоживання криптовалютних дата-центрів спричиняє навантаження на локальні енергетичні системи, що у деяких регіонах призводить до перевантажень та збоїв у електропостачанні. Крім того, інтенсивний розвиток криптовалютного майнінгу часто стимулює подальше використання викопного палива, оскільки майнінгові ферми розташовуються у регіонах з дешевою, але неекологічною електроенергією. Після обмежень на майнінг у Китаї частина майнерів переїхала до країн із високою залежністю від вугільної енергетики, що призвело до зростання середньої вуглецевої інтенсивності криптовалютної індустрії.

Вуглецевий слід майнінгу безпосередньо пов’язаний із типом енергії, що використовується у процесі обчислень. Дослідження показують, що викиди CO_2,

спричинені видобутком біткоїна, у 2021 році становили близько 108,92 мегатонн CO_2, що порівняно з річними викидами таких країн, як Аргентина чи Нідерланди. Очікується, що без регуляторного втручання до 2024 року цей показник може зрости до 130,50 мегатонн CO_2 на рік, а до кінця століття – до 2 гігатонн CO_2, що матиме катастрофічні наслідки для клімату. Попри зростаючий інтерес до використання відновлюваних джерел енергії, їхня частка у загальному енергоспоживанні криптовалют залишається недостатньою. Після репресій проти майнінгу в Китаї у 2021 році частка використання відновлюваних джерел знизилася до 25,1 % [3, 4]. Окрім того, використання «зеленої» енергії у майнінгу може створювати додатковий дефіцит енергоресурсів у прилеглих регіонах, що призводить до заміщення відновлюваної енергії викопним паливом у критично важливих сферах економіки.

Розв'язання екологічних проблем, пов'язаних із криптовалютною індустрією, потребує комплексного підходу. Одним із ключових напрямків є перехід на менш енергоємні алгоритми консенсусу, зокрема Proof-of-Stake (PoS), який вже продемонстрував значний потенціал у зниженні енергоспоживання. Прикладом є Ethereum, який після переходу на PoS у 2022 році скоротив споживання електроенергії на 99,9 % [1, 4]. Крім того, важливим є запровадження ефективних механізмів переробки електронних відходів, стимулювання використання відновлюваних джерел енергії та розробка регуляторних норм, що сприятимуть екологічній відповідальності криптовалютного сектору.

Таким чином, стрімкий розвиток криптовалютних технологій супроводжується значними екологічними викликами, що включають надмірне енергоспоживання, зростання вуглецевого сліду, проблему електронних відходів та вплив на локальні енергетичні системи. Попри певні зусилля з мінімізації цього впливу, криптоіндустрія залишається однією з найбільш енергоємних сфер цифрової економіки. Для досягнення сталого розвитку цифрових активів необхідно впроваджувати комплексні стратегії зниження техногенного навантаження, що включають технологічні, економічні та регуляторні ініціативи, спрямовані на екологізацію цієї галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D., McCallum, P., Peacock, A. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 100. 143–174. URL: https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014

2. De Vries, A. (2019). Renewable energy will not solve bitcoin's sustainability problem. Joule. 3(4). 893–898.

3. Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers? URL: https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwc-blockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf (дата звернення 27.02.2025 р.).

4. Wendl, M., Hanh Doan, M., Sassen, R. (2023). The environmental impact of cryptocurrencies using proof of work and proof of stake consensus algorithms: A systematic review. Journal of Environmental Management. (326)A. URL: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116530

УДК 331.5:338.2

ДО ПИТАННЯ ПРО МОДЕЛІ РЕГУЛЮВАННЯ ЗАЙНЯТОСТІ: БЕЗПЕКОВИЙ ДИСКУРС

Калінін В.А.,
Остропольський О.Р.,
Маріупольський державний університет

Найважливішим компонентом функціонування національної економіки виступає трудоресурна складова. Ринок праці формує передумови ефективної зайнятості, пропонуючи трудові ресурси певних якісних характеристик для вирішення завдань економічного розвитку. Параметри функціонування ринку праці, маючи підпорядкований характер цілям економічного розвитку, обумовлюють зміст регуляторних важелів впливу на зайнятість і кореспондуються з питаннями економічної безпеки держави.

Перспективна модель зайнятості має бути спрямованою на вирішення завдань найвищої складності, пов'язаних з акцентуацією на важелях рівноправного входження до системи світового господарства. Використання на міжнародному рівні країнових конкурентних переваг повною мірою залежить від наявності необхідних людських ресурсів. Відповідно в основу регулювання зайнятості має бути покладено стратегічний імператив розвитку національної економіки.

При формуванні макроекономічного механізму регулювання зайнятості орієнтиром для України можуть слугувати моделі зайнятості найбільш економічно потужних країн [2, с. 153]:

- інформаційно-індустріальна модель зайнятості, зорієнтована на розвиток інформаційно-комунікаційних технологій і сфери послуг (країни Західної Європи);
- інформаційна модель зайнятості, зорієнтована на сферу виробничих послуг, у тому числі послуг населенню (США, Велика Британія, Канада).

Загалом в сегменті розвинутих країн основою економічного розвитку виступають науково-технічні послуги, що актуалізує питання трудоресурсного забезпечення у високоінтелектуальному сегменті (близько двох третин нових робочих місць створюються у наукоємних галузях [2, с. 153]), та визначає необхідність формування критичної маси інтелекту як основи продукування конкурентних переваг.

В даному контексті перед Україною постає комплекс серйозних викликів, пов'язаних із втратою інтелектуального капіталу: за Індексом відтоку мізків країна знаходиться на 3-4 позиції в світі серед 177 країн (рис. 1). При тому, що усі цивілізовані держави докладають величезних зусиль для розвитку національного науково-технічного потенціалу, приділяючи особливу увагу залученню наукових кадрів та висококваліфікованих фахівців з усього світу [2, с. 219], в Україні показник кількості науковців на 1 тис. населення є одним з найнижчих в Європі [5]. За наявними оцінками, до 2020 р. країну залишило, залежно від спеціальності, від 20 % до 40 % вчених, з них половина – викладачі [1, с. 179].

Враховуючи терміни формування висококваліфікованої робочої сили і обсяг необхідних організаційних зусиль (освітніх, інфраструктурних, фінансових тощо) для відтворення втраченого інтелектуального капіталу, питання регулювання зайнятості переходить у площину економічної безпеки держави. Формування критичної маси інтелектуального ресурсу на сучасному етапі виступає провідним напрямком трудоресурсного забезпечення, основою ефективної структури зайнятості і базисом перспективної моделі економічного розвитку.

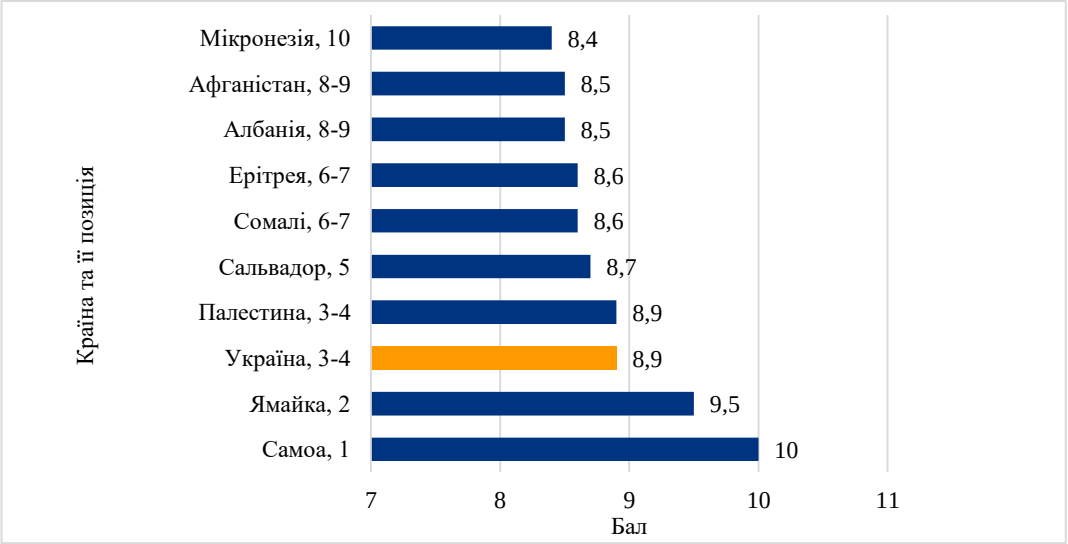


Рис. 1. Топ-10 країн за Індексом відтоку мізків (Human flight and brain drain index) та бал країн, 2023 р. [4].

При цьому важливе значення має дослідження загальнонаціональних тенденцій функціонування ринку праці як підґрунтя формування комплексу заходів [3, с. 63], що дозволяють реагувати на виклики у сфері зайнятості.

Таким чином, регулювання зайнятості є комплексним завданням, реалізація якого вимагає запровадження програмно-цільового підходу як найбільш дієвого засобу реалізації стратегії соціально-економічного розвитку країни. Програмно-цільовий підхід має вбудовуватись в програми соціально-економічного розвитку, які включають кількісні показники і якісні характеристики макроекономічного розвитку [1, с. 177] з урахуванням вимог економічної безпеки країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калініна С.П., Гетьманенко Ю.О., Давидюк Л.П. Розвиток міжнародного ринку праці: глобалізаційний аспект. Монографія. За заг. ред. д-ра екон. наук, професора С.П. Калініної. Вінниця: ТОВ «Ніфлан-ЛТД», 2016. 240 с.

2. Калініна С.П., Михайлишин Л.І., Коровчук Ю.І., Савченко Е.О. Трансформація трудоресурсного забезпечення світової економіки: глобалізаційний дискурс. Монографія. За заг. ред. д-ра екон. наук, професора С.П. Калініної. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 256 с.

3. Лелюк О.Ю. Прогнозні тенденції трудоресурсного забезпечення ринку праці України з огляду на глобальні кризові прояви. Глобалізація ринку праці: виклики для України: збірник матеріалів доповідей круглого столу (Київ, 17 грудня 2021 року). Вінниця: ТОВ «Твори», 2021. 80 с.

4. Human flight and brain drain. Country rankings. The global economy. Learning resources and data on the world. URL: www.theglobaleconomy.com/rankings/human_flight_brain_drain_index

5. Researchers in R&D. UNESCO Institute for Statistics (UIS). URL: https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?end=2022&start=2022&view=bar

УДК 331.5:338.2

ДО ПИТАННЯ ПРО ФОРМУВАННЯ ТРУДОРЕСУРСНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Калініна С.П., *д.екон.н., професор,*
Воскобойник В.В.
Маріупольський державний університет

На сучасному етапі трудоресурсне забезпечення економіки стає ключовим питанням поствоєнного відновлення і розвитку держави. Складна демографічна ситуація, стан міграційних процесів переводять трудоресурсний аспект в площину трудоресурсної безпеки держави.

За оцінками ООН, внаслідок низького коефіцієнту народжуваності (одним із чинників, який перешкоджає рішенню мати в родинах бажану кількість дітей, є недостатній рівень добробуту), високого рівня смертності (близько третини українців помирають у віці до 65 років, що є одним із найгірших показників в Європі) та зростання рівня зовнішньої міграції (якщо в 2020 р. за кордоном перебувало 13 % населення (рис. 1), то на сьогодні цей показник оцінюється на рівні третини населення держави), до 2050 р. кількість населення України становитиме 35 млн. осіб [3, с. 2]. Водночас, за експертними оцінками, дана чисельність населення в державі спостерігається вже на сьогодні: надання вірогідних кількісних оцінок ускладнюється відтермінуванням перепису населення (останній перепис в країні було проведено в 2001 р., що не відповідає міжнародним стандартам – 1 раз на 10 років), внаслідок чого утворюються значні відмінності між даними міжнародної статистики (рис. 2) і реальною трудоресурсною ситуацією.

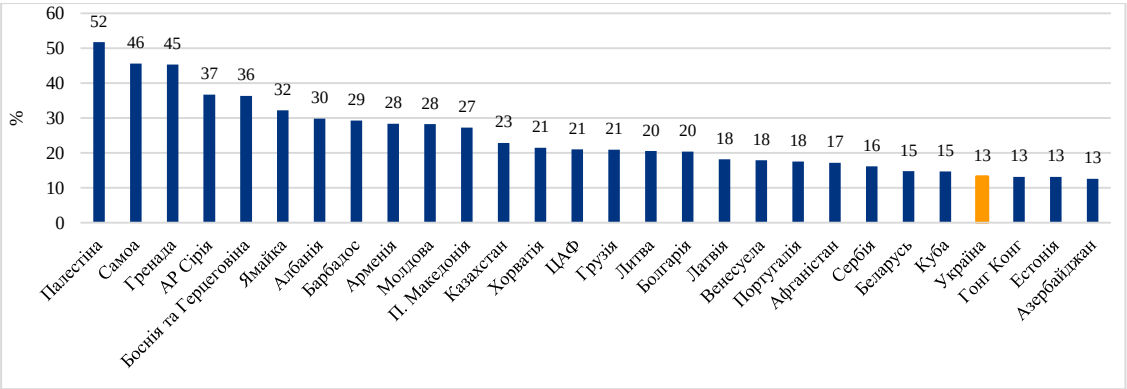


Рис.1. Частка осіб, які проживають за кордоном, до чисельності населення країн походження, у деяких країнах, 2020 р., % [1, с. 25].

Перепис населення є важливим заходом, що дозволяє здійснювати через регулярні інтервали часу офіційний облік чисельності населення, яке проживає на території країни в цілому та на всіх рівнях її адміністративно-територіального устрою. Дані перепису необхідні для прогнозування і управління соціально-економічним розвитком країни, реалізації демографічної політики, бюджетного планування та інших цілей [2]. Останній аспект є надзвичайно важливим в контексті обґрунтування доцільності відповідних витрат на здійснення перепису (вартість традиційного перепису в Україні, за оцінками ДССУ, складатиме 3,5 млрд. грн.) з метою отримання дієвих прогнозів соціально-економічного розвитку (так, за результатами перепису населення в Австралії 2019 р., 1 долар, витрачений на перепис населення, призвів до створення економічної вартості у розмірі 6 доларів).

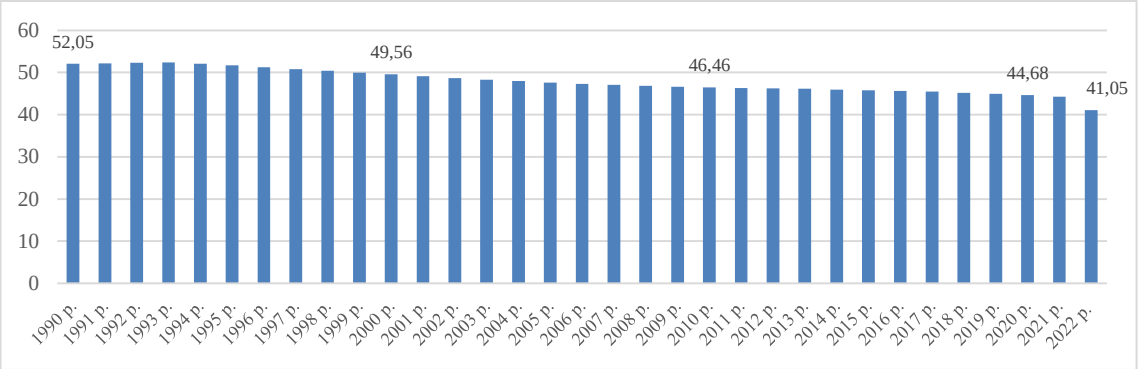


Рис. 2. Динаміка чисельності населення в Україні, 1990-2022 рр., млн. осіб* [4].
* За даними Світового банку

Ситуація повномасштабного вторгнення руйнівним чином вплинула як на економіку держави (обсяг виробництва скоротився майже на третину), так і на трудоресурсну ситуацію (за кордон виїхало більше 6 млн. українських біженців, третина з них – віком до 35 років) й величину людського капіталу (зростання кількості українських студентів за кордоном, їх прагнення залишитись в країнах навчання спричиняє потенційну нестачу висококваліфікованої робочої сили, що матиме серйозні довгострокові наслідки). На сьогодні в Україні більше 20% населення є старшим за 60 років [3, с. 2], що формує довгострокові негативні трудоресурсні очікування на ринку праці.

Трудоресурсна ситуація визначальним чином впливає на зміст майбутньої економічної моделі України. Поствоєнна модель має бути сформована на засадах економічного прагматизму і забезпечення рівноправного входження країни до системи світового поділу праці. Передумовами досягнення поставлених цілей є кардинальне зростання продуктивності праці, пріоритет розвитку сфери науки і освіти, інтелектуалізація виробництва, створення сприятливого середовища для розвитку малого і середнього підприємництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз міграційної політики країн: орієнтири для України. Проєкт «Візія – 2033: «Збереження і розвиток трудових ресурсів України в найближче десятиліття». Київ. 2024. 157 с. URL: https://ampua.org/wp-content/uploads/2024/02/Analiz-migraciynoi-politiki-derzhav-orientiri-dlya-Ukraini.pdf

2. Всеукраїнський перепис населення. Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrcensus.gov.ua/

3. Демографічні процеси. Аналітична довідка ООН. URL: https://ukraine.un.org/sites/default/files/2021-11/UN%20Policy%20Paper%20on%20Population%20Dynamics_FINAL%20UKR.pdf

4. Population, total Ukraine. URL: https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2022&locations=UA&start=1990

УДК 628.161.3

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ІОННОГО ОБМІНУ ЗА РАХУНОК МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Ковтун Д.Є.,
Колосков В.Ю., *к.т.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Екологічні виклики, зокрема зростаюче забруднення водних ресурсів України внаслідок воєнних дій, потребують впровадження нових підходів до технологій очищення води. Реагентні методи демінералізації широко застосовуються у системах водопідготовки та характеризуються значними економічними та ресурсними витратами, а також спричиняють вторинне забруднення довкілля. Забезпечення екологічної безпеки та доступу до якісної питної води вимагає модернізації існуючих технологій очищення з метою зменшення їхнього негативного впливу на навколишнє середовище.

З метою підвищення ефективності іонообмінних процесів запропоновано удосконалений метод демінералізації природних вод, що передбачає одночасний вплив магнітного поля на іонообмінник та воду яка піддається очистці. Такий підхід спрямований на покращення роботи систем водопідготовки, оптимізацію попередньої обробки води та мінімізацію екологічного навантаження. [1]

Розроблено математичну модель для оцінювання ефективності запропонованого методу. У процесі моделювання враховуються такі параметри, як жорсткість води, напруженість магнітного поля та робоча обмінна ємність катіоніту. Обрана поліноміальна функція представлена нижче:

$$Y(X_1, X_2) \tag{1}$$

Функція враховує жорсткість води (X_1) та напруженість магнітного поля (X_2), а також їхній вплив на робочу обмінну ємність (Y). Таке рівняння дозволяє комплексно оцінити результати експериментальних досліджень, оскільки враховує взаємодію зазначених параметрів та їхній сукупний вплив на кінцеві показники процесу. [2]

Математична модель, що описує цей процес, представлена у вигляді поліноміальної функції 2:

$$\begin{aligned} Y(X_1, X_2) = F_1 \cdot X_1 \cdot X_2^2 + F_2 \cdot X_1 \cdot X_2 + \\ + F_3 \cdot X_1^2 + F_4 \cdot X_1 + F_5 \cdot X_2 + F_6, \end{aligned} \tag{2}$$

де F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 – коефіцієнти, розв'язки системи рівнянь, знайдені за допомогою методу Гауса;

X_2 – напруженість магнітного поля (А/м);

X_1 – жорсткість води (мг-екв/л);

Y – робоча обмінна ємність (г-екв/м^3);

Наступним кроком, було підставлено значення F_1–F_6 у рівняння 2. Результати розрахунків занесено до таблиці 1.

Таблиця 1. Дані робочої обмінної ємності катіоніта, отримані за результатами розрахунків

X_2/100	X_1=5	X_1=25
	Y	Y
0,0	830	775
0,5	913	836
1,0	975	885
1,5	1030	921
2,0	1064	943
2,5	1082	953
3,0	1085	949
3,5	1071	934
4,0	1042	905

З отриманих результатів бачимо, підвищення робочої обмінної ємності при магнітній обробці, при значеннях напруженості магнітного поля до 300 А/м [2].

Застосування магнітної активації у процесах водопідготовки є перспективним напрямом підвищення ефективності демінералізації природних вод. Використання цього методу сприяє інтенсифікації іонного обміну, що може позитивно вплинути на якість очищення води та оптимізацію процесів водопідготовки.

Ключовими факторами, для оцінки роботи запропонованої технології є: значення жорсткості води та напруженості магнітного поля, визначені за результатами розрахунків математичної моделі. Отримані результати дають змогу оцінити ефективність запропонованої технології, дослідити зміну робочої обмінної ємності, залежно від вказаних параметрів.

Для повноцінної імплементації цієї технології необхідне проведення подальших наукових досліджень, спрямованих на глибоке вивчення механізмів взаємодії магнітного поля з іонообмінними матеріалами, а також визначення оптимальних параметрів магнітної обробки для різних експлуатаційних умов. Це дозволить підвищити ефективність іонообмінних процесів та забезпечити стабільність технології очищення води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dushkin, S. (2023). Study of the process of activation of aluminum sulfate coagulant solutions during filtration on rapid filters. International Journal of Chemistry, Mathematics and Physics. 7. 6. 01–06. URL: https://doi.org/10.22161/ijcmp.7.6.1

2. Ковтун Д., Душкін С. Магнітна активація процесу іонного обміну при демінералізації природних вод. Техногенно-екологічна безпека, 2024. № 16(2/2024). С. 54–60. URL: https://doi.org/10.52363/2522-1892.2024.2.8

УДК 54-414:543.5

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ АКТИВОВАНОГО КЛИНОПТИЛОЛІТУ

Кочубей В.В.*[1]**, *к.хім.н., доцент,
Ягольник С.Г.*[1]**, *к.т.н. доцент,
Мальований М.С.*[1]**, *д.т.н., професор,
Крусір Г.В.*[2]**, *д.т.н., професор
[1]*Національний університет «Львівська політехніка»,*
[2]*Університет прикладних наук та мистецтв Північно-Західної Швейцарії*

Однією із найбільш гострих проблем сьогодення є скорочення світових запасів прісної води. Перспективним методом очищення води від забруднювачів є адсорбційний метод із застосуванням природних сорбентів [1]. В адсорбційних технологіях широкого застосування набули мінеральні сорбенти природного походження, до яких відносять висококремнієві цеоліти. Найвагоміше промислове значення належить Сокирницькому родовищу цеолітів Закарпатської області, яке складене клиноптилолітовою породою. Клиноптилоліт є одним із різновидів цеолітів. Алюмокремнієвий каркас клиноптилоліту містить розвинену систему порожнин, розмір яких не перевищує 0,4–1,1 нм. Негативний заряд каркасу мінералу компенсується зарядом обмінних катіонів, які містяться в каналах мінералу [2]. Цеоліти активно сорбують низькомолекулярні сполуки, однак, не здатні поглинати великі за розміром молекули органічних поверхнево-активних речовин. Для усунення цього недоліку цеоліти піддають різного типу активації. Активація мінеральними кислотами викликає часткове деалюмінування клиноптилоліту, яке супроводжується збільшення розміру каналів та появою вторинної пористості. Термічна активація викликає дифузію обмінних катіонів у внутрішні структури цеоліту та появу додаткових сорбційних центрів у вигляді ОН-груп [3].

Хімічний склад клиноптилоліту Сокирницького родовища відповідає формулі: $0{,}2Na_2O{\cdot}0{,}26K_2O{\cdot}0{,}43CaO{\cdot}0{,}2MgO{\cdot}9{,}57SiO_2{\cdot}Al_2O_3{\cdot}0{,}09Fe_2O_3$. Активацію природного клиноптилоліту з середнім розміром зерна 0,25 мм (зразок 1) проводили впродовж доби обробкою 5 % розчином HCl (зразок 2) і 25 % розчином H_2SO_4 (зразок 3) при співвідношенні твердої та рідкої фаз 1:10. Оброблені мінеральними кислотами зразки витримували впродовж двох годин за температури 300 °С.

Здатність природного та активованого клиноптилоліту сорбувати молекули води знаходили за даними комплексного термічного аналізу, який проводили на дериватографі Q-1500 системи Паулік-Паулік-Ердей. Для визначення сорбційної здатності враховували втрату маси зразків в області температур 20–410 °С, яка відповідала виділенню фізично-сорбованої та координаційно-зв'язаної обмінними катіонами мінералу води. Сорбційна здатність природного клиноптилоліту відносно парів води складала 4,89 ммоль/г, а активованих зразків 2 і 3 становила 7,36 та 7,79 ммоль/г, відповідно.

Здатність активованого клиноптилоліту сорбувати барвник прямий синій досліджували фотоколориметричним методом за pH 7. Сорбцію барвника прямого синього проводили в області концентрацій, нижчих критичної концентрації міцелоутворення, яку знаходили за зламом на кривій залежності $\sigma=f(\ln c)$. Поверхневий натяг водних розчинів барвника ПС знаходили методом відривання кільця.

Сорбційну ємність активованих зразків клиноптилоліту відносно барвника ПС оцінювали шляхом моделювання експериментальних даних ізотерм сорбції рівнянням Ленгмюра. Сорбційна ємність зразка 2, активованого 5 % розчином HCl становила 2,34 ммоль/кг, а сорбційна ємність зразка 3, активованого 25 % розчином H_2SO_4,

дорівнювала 2,63 ммоль/кг. Підвищену сорбційну ємності зразка 3 відносно барвника прямого синього пояснювали більш глибоким деалюмінуванням мінералу, викликаним дією розчину сульфатної кислоти. Активований зразок 3 набував здатності сорбувати не тільки зовнішньою поверхнею, але й внутрішнім простором.

Покращення структурно-сорбційних характеристик активованого 25 % розчином H_2SO_4 клиноптилоліту підтверджували високим значенням вільної енергії сорбції (-10,52 кДж/моль), яке свідчило про появу значної кількості додаткових сорбційних центрів у вигляді ОН-груп. Присутність більшої кількості центрів адсорбції в активованих зразках клиноптилоліту підтверджували результатами термічного аналізу. Руйнування структури активованих зразків клиноптилоліту в області температур 410–1000 ^{o}C супроводжувалось більш значною втратою конституційної води, у порівнянні із зразком природного клиноптилоліту.

Вплив кислотного модифікування на ступінь деградації мінералу підтверджували даними Х-променевих дифрактометричних досліджень, які проводили на дифрактометрі АДП-2.0 (Fe-антикатод, Mn-фільтр, 30 kV, 12 mA). За даними досліджень для активованих зразків клиноптилоліту спостерігалось зменшення інтенсивності рефлексу в області 32–34 градусів кутів 2θ. Такі результати свідчили про просторову деформацію кристалічної ґратки клиноптилоліту, викликаною процесами деалюмінування під дію кислот.

Зображення поверхні зразків ЗБ отримували за допомогою растрового електронного мікроскопу JSM T 220 A Scanning microscope. Для активованих зразків клиноптилоліту розмір елементарних комірок був дещо зменшеним, а грані кристалів були менш чіткими, що свідчило по часткове деалюмінування мінералу. Поверхня зразка клиноптилоліту, активованого 25 % розчином H_2SO_4, була найбільш видозміненою, що свідчило про більш глибокі структурні зміни в цьому зразку при його активації.

За результатами фізико-хімічних досліджень активований мінеральними кислотами клиноптилоліт відзначався покращеними сорбційними характеристиками відносно парів води. Такий клиноптилоліт може знайти широке застосування в процесах осушення газів і як фільтруючий матеріал на станціях очищення повітря. Активований дією 25 % розчину H_2SO_4 клиноптилоліт мав підвищену сорбційну здатність відносно барвника прямого синього і може застосуватись в адсорбційних технологіях для очищення стічних вод від органічних забруднень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kochubei, V., Yaremchuk, Y., Malovanyy, M., Yaholnyk, S., Lutek, W. (2022). Studies of Adsorption Capacity of Montmorillonite-Enriched Clay from the Khmelnytskyi Region. Key Engineering Materials. 925. 143–149.

2. Mastinu, A., Kumar, A., Maccarinelli, G., Bonini, S., Premoli, M., Aria, F., Gianoncelli, A., Memo, M. (2019). Zeolite Clinoptilolite: Therapeutic Virtues of an Ancient Mineral, Molecules. 24(8). 1517. 1–15.

3. Федів І., Степова К., Конанець Р. Вплив методу модифікування на сорбційні властивості клиноптилоліту. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2022. № 26. С. 14–19.

УДК 677.01

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ ВІДХОДІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Крючкова В.В,
Соболєв С.А.,
Тихомирова Т.С., *к.т.н., доцент*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Переробка текстильної продукції є критично важливим напрямом розвитку сучасної циркулярної економіки, оскільки дозволяє зменшити рівень забруднення довкілля та знизити використання природних ресурсів. В умовах глобального екологічного кризового стану текстильна промисловість посідає одне з перших місць за рівнем споживання води, енергоресурсів та утворення відходів, що не підлягають біологічному розкладанню. Хоча екологічна проблематика текстильного виробництва здебільшого пов'язана з його первинними стадіями, переробка текстилю також має низку екологічних викликів, що потребують аналізу та пошуку ефективних рішень.

Основними методами переробки текстилю є механічна, хімічна та термічна переробка, кожна з яких має свої особливості з точки зору екологічної безпеки та ефективності. Механічна переробка передбачає подрібнення текстильних відходів для отримання волокон, які можуть бути повторно використані у виробництві нетканих матеріалів, утеплювачів, автомобільних шумоізоляційних панелей або промислових фільтрів. Головною перевагою цього методу є його екологічна безпечність, оскільки він не передбачає використання хімічних реагентів, а також потребує відносно невеликих енергетичних витрат. Однак його недоліком є деградація волокон у процесі переробки, що призводить до зниження якості кінцевого продукту та обмежує можливість його повторного використання у виробництві текстильних тканин високого рівня [1].

Хімічна переробка є більш прогресивним методом, що дозволяє відновлювати структуру волокон на молекулярному рівні. Вона включає процеси деполімеризації та розчинення, що дозволяють отримати сировину для повторного виробництва волокон. Наприклад, переробка поліестеру дає можливість отримати вторинні мономери, які можна використовувати у виробництві нового синтетичного текстилю без значного погіршення його властивостей. Проте цей метод потребує застосування хімічних реагентів, що може супроводжуватися утворенням токсичних відходів, які вимагають спеціальних заходів з очищення. Крім того, хімічна переробка є високозатратним процесом, що передбачає значне енергоспоживання, а отже, супроводжується викидами парникових газів [1, 2].

Ще одним методом переробки є термічна утилізація текстильних відходів, що включає піроліз, газифікацію або спалювання для отримання енергії. З одного боку, цей метод дозволяє зменшити обсяги текстильних відходів та використовувати їх як енергетичний ресурс. З іншого боку, термічна переробка є екологічно суперечливим процесом, оскільки супроводжується значними викидами CO_2, оксидів азоту, діоксинів та інших небезпечних речовин, що можуть спричиняти забруднення повітря та негативний вплив на здоров'я людини.

Одним із ключових екологічних питань переробки текстилю є управління мікропластиком, який виділяється під час механічного подрібнення або термічної переробки синтетичних тканин. Поліестер, нейлон, акрил та інші синтетичні матеріали містять полімерні сполуки, які в процесі переробки можуть потрапляти у водні ресурси та накопичуватися в екосистемах. Це створює серйозну загрозу для водних організмів, що споживають мікрочастинки пластмаси, а через ланцюг живлення ці частинки можуть потрапляти і до людини. Саме тому розробка ефективних фільтраційних систем для

зменшення забруднення мікропластиком є важливим завданням для підвищення екологічної безпечності процесів переробки текстильних матеріалів.

Окрім цього, важливим елементом екологічної оцінки текстильної переробки є споживання ресурсів. Наприклад, виробництво первинної бавовни потребує значної кількості води: для виготовлення однієї футболки може знадобитися до 2700 літрів води. Використання перероблених бавовняних волокон значно скорочує цей показник, проте їхня якість часто поступається первинним матеріалам, що обмежує можливості їх застосування у виробництві нових тканин. Хімічна переробка дозволяє отримати якісніші матеріали, але водночас потребує великої кількості енергії для нагрівання, розчинення та очищення вторинної сировини [2].

Переробка текстилю є важливим фактором у зменшенні загального екологічного навантаження текстильного сектору, проте її ефективність значною мірою залежить від рівня розвиненості технологій сортування та очищення відходів. Складні полікомпонентні матеріали, що містять суміш натуральних і синтетичних волокон, важко піддаються переробці, що призводить до збільшення кількості непридатних для утилізації текстильних відходів. Для підвищення ефективності переробки необхідно впроваджувати технології, які забезпечують розділення складних матеріалів та їх переробку без втрати якості [3].

Таким чином, питання екологічної доцільності переробки текстильних відходів не можна розглядати однозначно, оскільки кожен метод має свої переваги та недоліки. Найбільш екологічно безпечними є механічні методи, хоча вони мають обмежену ефективність через зниження якості отриманих волокон. Хімічна переробка дозволяє відновлювати волокна без значної втрати їхніх властивостей, проте супроводжується значними енергетичними витратами та використанням хімічних реагентів. Термічна переробка є найменш бажаним варіантом, оскільки її застосування пов’язане з викидами токсичних речовин та вуглекислого газу.

З огляду на екологічні виклики переробки текстилю, необхідним є впровадження інноваційних технологій, спрямованих на зменшення негативного впливу текстильної індустрії на довкілля. Це включає розширення практик відповідального споживання, розвиток системи збору текстильних відходів, удосконалення технологій їхнього сортування та впровадження більш ефективних способів їхньої переробки. Лише комплексний підхід, що поєднує науково обґрунтовані методи утилізації, економічну доцільність і екологічну відповідальність, зможе забезпечити зниження навантаження на довкілля та створення більш стійкої текстильної промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sandin, G., Peters, G.M. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. Journal of Cleaner Production. (184). 353–365. URL: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.266

2. A New Textiles Economy: Redesigning Fashion’s Future. Ellen MacArthur Foundation. Cowes, UK, 2017.URL: https://surl.li/ilegdu (дата звернення 01.03.2025 р.).

3. Juanga-Labayen, J.P., Labayen, I.V., Yuan, Q. (2022). A Review on Textile Recycling Practices and Challenges. Textiles.. 2(1). 174–188. URL: https://doi.org/10.3390/textiles2010010

УДК 628.3

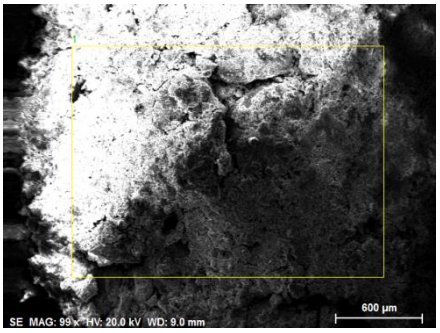
ЗАКОНОМІРНОСТІ АГРЕГАТОУТВОРЕННЯ ТА СЕДИМЕНТАЦІЇ ТОНКОДИСПЕРСНИХ ГЛИНИСТИХ ЧАСТОК

Кулініч С.С.,
Шкоп А.О., *к.т.н.,*
Босюк А.С., *PhD,*
Шестопалов О.В., *к.т.н., доцент*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Глина є цінним і унікальним за властивостями (розбухання у воді, вспучуванні при обжигу та ін.) мінеральним компонентом, який широко використовується в різних галузях промисловості: металургії, виготовленні будівельних матеріалів, створенні бурових розчинів для видобутку нафти та газу, харчовій промисловості тощо. В процесі використання глини, при митті обладнання та інших технологічних процесах утворюються стічні води, які містять глинисті частинки різної концентрації. Сьогодні питання очищення стічних вод від тонкодисперсних завислих глинистих часток, які не осідають традиційними способами відстоювання і утворюють стійкі дисперсні системи, привертає увагу багатьох вчених. Глина має пластинчасту структуру, шарами адсорбує воду і розбухає так інтенсивно, що слабшають сили, стримуючі окремі шари, і ті відділяються один від одного. При відділенні збільшується число окремих частинок, збільшується і площа поверхні часток, що призводить до збільшення щільності суспензії, формування подвійного електронного шару навколо часток та їх взаємного відталкування. Це призводить до утворення стійких дисперсних систем, розділення яких можливо лише шляхом використання хімічних реагентів, таких як коагулянти та флокулянти. Однак, агрегатоутворення глинистих суспензій та їх седиментація є багатофакторним процесом, який залежить від хімічного складу глин та рідкої фази, концентрації твердих часток та інших факторів і не піддається шаблонній методології дослідження [1, 2]. Також невирішеними актуальними питаннями є інтенсифікація осідання утворених агрегатів-флокул з урахуванням особливостей процесу та означених факторів.

Метою даної роботи було дослідження закономірностей агрегатоутворення тонкодисперсних часток та пошук способів інтенсифікації процесу седиментації утворених агрегатів. Дослідження проводилось на модельних суспензіях, синтезованих шляхом змішення наважки бентонітової глини з водою, для отримання концентрацій від 1 до 10 г/л. Хімічний склад використаної в експериментах бентонітової глини наведено на рис. 1. Бентонітова глина є асоціацією мінералів монтморілоніту ($AlO_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$) і бейделіту ($Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot nH_2O$) з незначними домішками.

Агрегатоутворення досліджували з використанням коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ та аніонного флокулянту А-19 Ecofloc за методикою, більш детально описаною у [3]. Ефективність процесів визначалась за швидкістю осідання утворених агрегатів та мікроскопічним методом (рис. 2). В ході дослідження було визначено закономірності агрегатоутворення в процесі відстоювання (рис. 2а), коагуляції (рис. 2б); сумісної дії коагулянтів та флокулянтів (рис. 2в), а також руйнування флокул під дією механічного впливу (рис. 2г). Для інтенсифікації седиментації рихлих часток запропоновано і дослідження введення додаткових мінеральних часток вапна ($CaCO_3$) з розміром часток 40–100 мкм (рис. 2д).



а

El	AN	Series	Net	unn. C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error (1 Sigma) [wt.%]
O	8	K-series	27410	45.22	48.74	60.24	5.64
Si	14	K-series	53435	16.31	17.57	12.37	0.73
Al	13	K-series	22858	7.64	8.24	6.04	0.40
C	6	K-series	1335	6.64	7.16	11.79	1.42
Ca	20	K-series	12143	5.75	6.19	3.06	0.20
Fe	26	K-series	5225	4.22	4.54	1.61	0.15
K	19	K-series	5255	2.13	2.30	1.16	0.10
Na	11	K-series	3523	1.85	1.99	1.71	0.15
Cl	17	K-series	3578	1.47	1.58	0.88	0.08
Mg	12	K-series	2226	0.85	0.91	0.74	0.08
Ti	22	K-series	632	0.36	0.39	0.16	0.04
S	16	K-series	800	0.35	0.38	0.23	0.04
		Total:		92.78	100.00	100.00	

б

Рис. 1. Результати дослідження зразку глини електронним скануючим мікроскопом: а – фотографія порошку глини до гідратації; б – елементний склад зразку глини.



а б в г д

Рис. 2. Результати дослідження зразку глини та мікрофотографії агрегатів (знизу): а – кінетика осадження; б – коагуляція; в – коагуляція з флокуляцією, г – руйнування флокул механічним впливом; д – введення мінеральних часток та мікропіску.

Аналіз результатів дослідження дозволяє рекомендувати використання мінеральних домішок для інтенсифікації осідання сфлокульованої глини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shkop, A., Tseitlin, M., Shestopalov, O., Raiko, V. (2017). A study of the flocculs strength of polydisperse of coal suspensions to mechanical influences. «EUREKA: Physics and Engineering». 1. 13–20.

2. Shkop, A., Tseitlin, M., Shestopalov, O., Raiko, V. (2017). Study of the strength of flocculated structures of polydispersed coal suspensions. Eastern-European journal of enterprise technologies. 1/10 (85). 20–26.

3. Shestopalov, O., Rykusova, N., Hetta, O., Ananieva, V., Chynchyk, O. (2019). Revealing patterns in the aggregation and deposition kinetics of the solid phase in drilling wastewater. Eastern-European journal of enterprise technologies. 1/10 (97). 50–58. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.157242

УДК 674.048:632.935.2:577.31

ЩОДО ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ ГІДРАТАЦІЇ-ДЕГІДРАТАЦІЇ ДЕРЕВИНИ

***Кульман С.М.*[1]**, *к.т.н.,*
***Горбачова О.Ю.*[2]**, *к.т.н., доцент,*
***Вишневський А.В.*[1]**, *к.с.-г.н., доцент,*
***Мазурчук С.М.*[2]**, *к.т.н., доцент*
[1]*Поліський національний університет,*
[2]*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Взаємодія деревини та води відіграє центральну роль у використанні деревини, оскільки вода впливає на важливі характеристики деревини. Вироби з деревини є ключовими складовими сучасного суспільства і їх можна знайти в усіх сферах повсякденного життя. В усіх напрямах застосування матеріал піддається впливу води у вигляді пари у повітрі, а іноді і у вигляді рідкої води (наприклад, зовнішні дерев'яні конструкції). Вода впливає на структурне використання деревини, змінюючи механічні властивості (жорсткість, міцність, повзучість) та розміри матеріалу [1], змінює теплоємність та теплопровідність, тим самим впливаючи на експлуатаційні характеристики деревини та деревних ізоляційних матеріалів. Вироби з деревини повинні мати тривалий термін служби [2, 3]. Крім того, транспорт води у деревині важливий, наприклад, при сушінні деревини. Таким чином, взаємодія води з деревиною займає центральне місце у всіх аспектах використання деревини у суспільстві.

Гідратацію та дегідратацію деревини досліджували на зразках сосни (*Pinus sylvestris)* та павловнії (*Paulownia energy*) розмірами 30×20×20 мм. Ступінь гідратації оцінювали шляхом вимірювання величини поступового насичення зразків водою (величина концентрації води в деревині); швидкість дегідратації визначали шляхом природного сушіння зразків у приміщенні лабораторії (65 % та 20 °С). Обчислювальний експеримент проводили із використанням параметричного аналізу побудованої математичної моделі.

Вперше отримано достовірні дані про гігроскопічні властивості павловнії. Встановлено, що швидкість гідратації павловнії вище (*Vn*=1,493) за швидкість гідратації сосни (*Vc*=1,1313) за температури 20 °С. Швидкість дегідратації обох порід практично однакова і характеризується коефіцієнтом k=–0,002 з високим ступенем кореляції. Тобто сушіння обох порід можна вести одночасно в одній камері, що дозволяє покращити логістику виробництва. Встановлено залежність кількості поглинутої рідини від рівня концентрації (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння швидкості процесів гідратації за зміни температури

Швидкість процесу гідратації за різних температур	Порода	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції
T=16 °C	павловнія	y = 0.0807ln(t) – 0.0592	R^2 = 0.7154
	сосна	y = 0.0216ln(t) – 0.0221	R^2 = 0.6247
T=65.6 °C	павловнія	y = 0.0327ln(t) + 0.0545	R^2 = 0.8397
	сосна	y = 0.0643ln(t) + 0.136	R^2 = 0.9848

Виявлено, що зі збільшенням концентрації рідини поза зразком зростає швидкість дифузійного потоку всередину. І відповідно, чим більша концентрація рідини всередині порівняно з рідиною зовні, тим більшим буде потік із зразка у середовище. Загалом вага зразків павлонії збільшилась в 4 рази, а сосни – майже в 2,5 рази.

Шляхом зміни параметрів моделі оцінювали зміну форми інтегральних кривих та оцінювали логічний зв'язок зміни параметрів з логікою зміни фазових змінних у часі (рис. 1). Верифікація моделі шляхом проведення обчислювального та натурного експериментів показали, що модель адекватно описує динаміку гідратації деревини таких порід як сосна та павловнія.

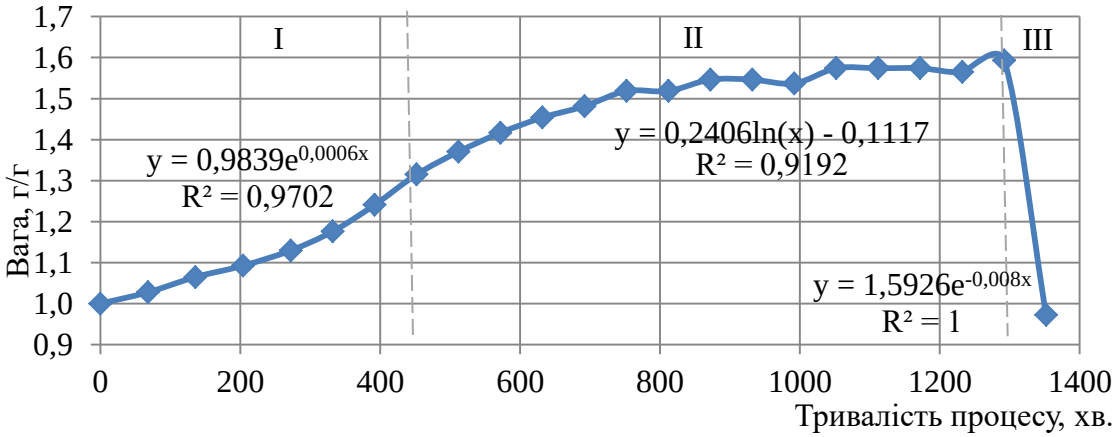


Рис. 1. Динаміка зміни ваги зразків в процесі гідратації-дегідратації: I – ділянка швидкого зростання ступеня насичення; II – ділянка уповільненого насичення; III – ділянка дегідратації деревини.

Отримані результати експериментів гідратації з високим ступенем достовірності дозволяють стверджувати, що кінетика процесу може бути описана логарифмічною залежністю. Кінетика дегідратації деревини сосни та павловнії з високим ступенем коефіцієнта кореляції (в середньому більше 90 %) описується строго експоненційною залежністю. Це дозволяє з високою точністю моделювати, а отже і прогнозувати, технологічні процеси просочення та сушіння деревини.

Актуальність даного напрямку особливо важлива в умовах застосування просочень, що містять органо- та маслорозчинні антисептики, антипірени, захисні покриття з різними біоцидними добавками під час розроблення режимних параметрів модифікування деревини. Крім того розуміння цих процесів потрібне під час відпрацювання методів гідрофобізації, а також прийомів поєднання різних способів захисту деревини шляхом просочування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kulman, S., Boiko, L., Bugaenko, Y., Sedliačik, J. (2021). Creep life prediction by the basic models of deformation-destruction kinetics of wood-based composites. Acta Facultatis Xylologiae Zvolen. 63(2). 39–53. DOI: 10.17423/afx.2021.63.2.04

2. Tsapko, Y., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Tsapko, A., Sokolenko, K., Matviichuk, A. (2022). Establishing regularities of wood protection against water absorption using a polymer shell. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 1/10(115). 48–54. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.252176

3. Kulman, S., Boiko, L., Sedliačik, J. (2021). Long-term strength prediction of wood based composites using the kinetic equations. Scientific Horizons. 24(3). 9–18. DOI: 10.48077/scihor.24(3).2021.9-18

УДК 159.944.

ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМИ БОРОТЬБИ ЗІ СТРЕСОМ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Курепін В.М., *к.екон.н., доцент*
Миколаївський національний аграрний університет

Стрес – невід'ємна частина життя людей. Він впливає на внутрішнє почуття комфорту, взаємини людини з колегами, а також на здатність виконувати свої обов'язки на роботі та у суспільстві. Якщо стрес надлишковий, він викликає фізичні та психологічні симптоми, а якщо триває довго, може призвести до втрати працездатності та різних захворювань. Стрес змінює ставлення людей до навколишньої дійсності та їхню поведінку, впливає на життєдіяльність колективу.

Ефективна програма боротьби зі стресом на робочому місці містить низку взаємопов'язаних елементів, що діють одночасно [1, с. 97]. Деякі з них входять у програмами боротьби зі стресом, інші є частиною загального управління об'єктом, але призначені для контролю стресу. Деякі елементи спрямовані на окремих працівників та групи; інші спрямовані загалом проти чинників, які викликають стрес робочому місці й утрудняють роботу персоналу як цілісного організму. Ці стрес-фактори неминуче впливають на діяльність окремих працівників чи всього колективу. Розберемо деякі елементи управління стресом:

1. Управління симптомами стресу – є випадки, коли працівники вже були у стресових ситуаціях й мають його симптомами. Модель «управління симптомами» намагається виявити людей із симптомами та переконати їх добровільно звертатися за допомогою до професіоналів, які оцінять їхні проблеми, діагностують причини та запропонують лікування. Спектр послуг включає: індивідуальні бесіди, обстеження, гарячі лінії для екстремальних ситуацій, багатопрофільні центри.

2. Зниження індивідуальної вразливості – допомога персоналу впоратися зі стресом, знижуючи їхню вразливість. Це серії семінарів-тренінгів доповнених аудіоматеріалами або відеозаписами, брошурами та іншими публікаціями, які навчають співробітників ефективно справлятися зі стресом. Вони мають такі загальні елементи: тренінг з розпізнавання ознак наростаючого стресу і факторів, що його викликають; тренінг впевненості – надає можливість співробітникам стати динамічнішими, стикаючись зі стресом [2, с. 209]; методи зниження стресу.

3. Міжособистісні відносини на робочому місці – усвідомлення стрес-факторів, зумовлені різноманітним складом трудового колективу та міжособистісними проблемами. На підприємствах, нажаль, присутні: упередження та фанатизм, які в окремих випадках посилюються безтактною та дискримінаційною поведінкою. Якщо такі відносини переважають, виникає необхідність їх коригувати.

4. Управління чинниками, які викликають стрес робочому місці – ефективність праці залежить від факторів, які викликають стрес. Посадові особи є відповідальними за зниження ризикових факторів, які приводять до стресу [3, с. 211]. Дуже важливо, щоб керівники всіх рівнів отримали відповідну підготовку і могли розпізнавати та ефективно вирішувати проблеми персоналу, які є неминучими на робочому місці.

5. Управління стресом у межах об'єкту – персонал об'єкту схильний до стресів, особливо під час загрози злиття та продажу компаній, закриття чи переміщення компаній та скорочення кадрів. Якщо факторами впливу не управляти, стрес може порушити плани та координацію можливостей організації.

6. Допомога у боротьбі з особистими факторами, що викликають стрес – особисті проблеми людини неминуче переносяться на робоче місце, таке в сукупності з іншими

стрес-факторами можуть вплинути на добробут працівників і поставити їх під загрозу. Роботодавці вважають за доцільне створювати програми, призначені для допомоги працівникам в управлінні стрес-факторами.

Основні засади програм боротьби зі стресом. По-перше, кожна людина представляє унікальне поєднання всіх факторів, які не мають чітких меж. Тому небажано розділяти стрес на робочому місці, вдома та в суспільстві . Це означає, що програма має концентруватися на проблемах, що виникають на робочому місці, але водночас визнавати, що ці проблеми впливають на особисте життя.

По-друге, стрес передається іншим людям (колегам по роботі). Таким чином, боротьба зі стресом може бути одночасно терапевтичним та профілактичним засобом. По-третє, впоратися зі стресом може лише сама людина. Треба виявити працівників, які мають проблеми, та запропонувати їм консультації, підтримку та навчання управлінню стресом, за необхідності направити до кваліфікованих лікарів. Найважливішим чинником успіху програми є суворе дотримання політики конфіденційності щодо особистої інформації.

По-четверте, контроль стресу робочому місці є переважно обов'язком керівників. Програма повинна ґрунтуватися на політиці організації, яка надає великого значення здоров'ю та добробуту співробітників [4, с. 72].

По-п'яте, участь працівників у складанні, реалізації програми є важливою складовою успіху програми.

Отже, основним завданням безпеки є захист та зміцнення здоров'я, добробут та продуктивність як усього колективу, так і кожного працівника. Це завдання не можна виконати без розуміння природи стресу та механізмів його впливу на людей, без добре спланованої програми, яка пом'якшить його згубні ефекти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іваненко В.С., Курепін В.М. Управління професійними ризиками на вітчизняних підприємствах. Проблеми та перспективи розвитку охорони праці : матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, аспірантів та ад'юнктів, м. Львів, 12 травня 2022 р. Львів: ЛДУ БЖД, 2022. С. 97–99. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11713

2. Лазіс М.І. Позитивні тенденції до цінування здоров'я та благополуччя персоналу. OSHAgro – 2024: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 30 вересня 2024 року). Київ : МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Охорона праці», Європейське співтовариство з охорони, 2024. С. 207–209. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18907

3. Андрос Т.С. Управління здоров'ям персоналу як інструмент успішної кадрової політики. OSHAgro – 2024 : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 30 вересня 2024 року). Київ : МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Охорона праці», Європейське співтовариство з охорони, 2024. С. 209–212. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/18908

4. Іваненко В.С. Фактори дотримання кадрової безпеки на підприємствах аграрного профілю. Економіко-правові дискусії : матеріали III міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та науковців, м. Кропивницький, 30 квітня 2022 р. Кропивницький : ЛА НАУ, 2022. С. 71–74. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11709

УДК 502.7

ВПЛИВ ПОЖЕЖ (2022–2024) НА ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Курочка М.О.,
Рейнвальд Б.С.,
Мацак А.О., *к.т.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Лісові пожежі призводять до значних викидів парникових газів (далі – ПГ) від згоряння вуглецевмісних матеріалів. Пожежі регулярно виникають у мирний час через природні фактори (зокрема, блискавки, падіння метеоритів, загоряння легкозаймистих матеріалів під час спеки та пожежонебезпечної погоди), а ще частіше через людей (наприклад, необережне поводження з вогнем або куріння в лісах та інших природних зонах, підпали, відкрите спалювання сільськогосподарських залишків на полях, технічні несправності обладнання тощо) [1].

За період війни кількість пожеж та площа постраждалих земель значно зросла, і більшість із них – наслідки вторгнення рф в Україну. Значні площі земель постраждали від пожеж, спричинених обстрілами, бомбардуваннями, вибухами, мінуванням території й іншими наслідками, пов'язаними з війною. Руйнування інфраструктури призводить до того, що пожежі поширюються на більші площі, зростає рівень втрат екосистем або руйнувань у міських районах [1].

Харківська область стала однією з тих, де пожежі за період 2022–2024 року, призвели до значних втрат лісових угідь та земельних ресурсів. Північ та південно-східна частина регіону найбільш всього постраждали від пожеж спричинених воєнними діями (рис. 1).

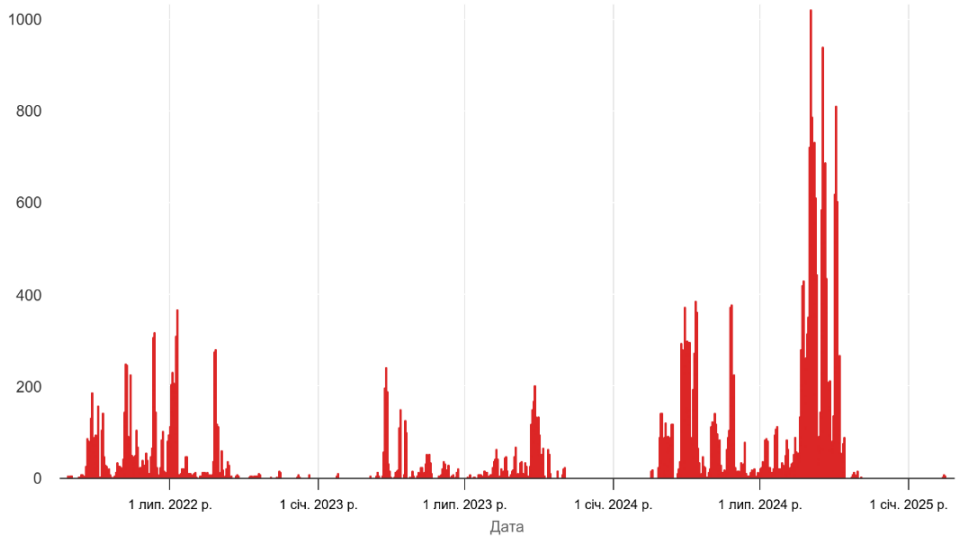


Рис. 1. Пожежі в Харківській області за період 2022-2024 року [2].

Дані про пожежі отримані з відкритих інформаційних систем – американської Пожежної інформації для системи управління ресурсами (Fire Information for Resource Management System – FIRMS [3]) та Європейської інформаційної системи про лісові пожежі (European Forest Fire Information System European Forest Fire Information System – EFFIS [4]).

Площу, що постраждала від пожеж, оцінювали за допомогою інструментів дистанційного моніторингу на основі супутникових даних. Використовувати наземні спостереження для збору більш достовірної інформації про рівень впливу пожеж під час війни неможливо.

Відповідно до [1] Харківська область потрапила до другої зони – зона активних бойових дій (наземні військові операції відбувалися понад 24 години), що сягає 27,8 % території України.

Викиди ПГ в Харківській області вираховувались на базі загальних об'ємів викидів по методиці [5]. Загальний об'єм викидів ПГ, спричинений пожежами, по території Україні за 2022–2024 роки склав 19 700428 т (екв. CO_2), викиди ПГ в Харківській області, за той самий період, оцінюються в 6 000000 т (екв. CO_2). Головним джерелом надходження ПГ стали лісові пожежі хвойних лісів, які становлять 87 % від загальної кількості викидів. На широколистяні та мішані ліси припадають 8 та 5 % відповідно.

Слід зазначити, що найбільші території як в Харківській області так і по Україні які більше всього постраждали від пожеж є – сільськогосподарські угіддя, але найбільше викидів ПГ відбулось саме від лісових пожеж (рис. 2).

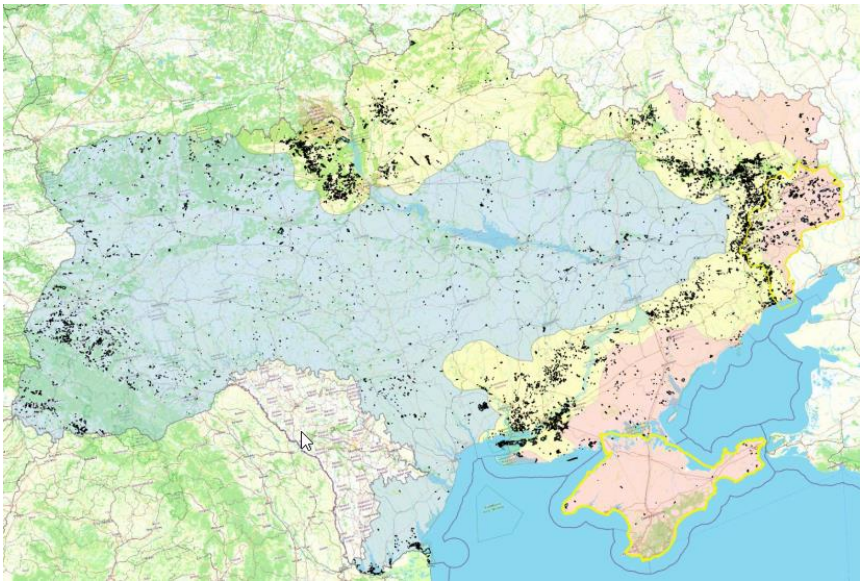


Рис. 2. Місця пожеж за 555 днів війни (7220 пожеж за даними EFFIS).

ЛІТЕРАТУРА

1. Вплив російської війни в Україні на клімат. 24 лютого 2022 – 1 вересня 2023. Ініціатива з обліку викидів парникових газів внаслідок війни. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/Report- 2023_December_UA.pdf (дата звернення 20.02.2025).

2 Пожежі в Харківській області. URL: https://www.saveecobot.com/analytics/fires/kharkivska-oblast?days=1095 (дата звернення 20.02.2025).

3. Fire Information for Resource Management System – FIRMS. URL: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov (дата звернення 20.02.2025).

4. European Forest Fire Information System European Forest Fire Information System – EFFIS. URL: https://effis.jrc.ec.europa.eu (дата звернення 20.02.2025).

5. Generic methodologies applicable to multiple landuse categories URL:https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf (дата звернення 15.02.2025).

УДК 502.7

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ (2022-2024) В УКРАЇНІ НА КЛІМАТИЧНІ УМОВИ

Курочка М.О.,
Рихлик К.В.,
Мацак А.О., *к.т.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Війна Росії проти України завдала значних спустошень, зокрема руйнувань та пошкоджень будинків, шкіл, лікарень та інших важливих громадських об'єктів, позбавила громадян необхідних ресурсів. Війна також завдала значної шкоди довкіллю, а руйнування греблі в Новій Каховці [1] у червні 2023 року стало однією із найбільш руйнівних подій як для людей, так і для природи. Ця війна впливає на клімат планети через викиди значних обсягів вуглекислого газу та інших парникових газів (ПГ) в атмосферу. Застосовуючи середню «тіньову ціну» на викиди вуглецю у 64 дол. США/тон CO_2 екв. за 2022–2023 рр., загальна шкода клімату, яку рф завдала та має компенсувати, становить 9,6 млрд дол. США [2].

Викиди, зумовлені бойовими діями, продовжують збільшуватись. З кожним місяцем війни неухильно зростає витрата палива як для активних бойових дій військ на передовій, так і для постачання різноманітних вантажів та інших робіт. Велика кількість використаних боєприпасів зумовила необхідність значного збільшення їх виробництва, аби поповнити запаси, що скорочуються, збільшуючи використання вибухових речовин, сталі та інших матеріалів, виробництво яких призводить до значних викидів. Будівництво укріплень уздовж і за лінією фронту, використовуючи бетон як будівельний матеріал, також призвело до збільшення викидів вуглецю. Додаткові викиди ПГ пов'язані з виробництвом військової техніки, що була знищена та пошкоджена під час війни, а також із доставкою зброї на великі відстані.

Загальні викиди CO_2 від воєнних дій, згідно з [2], за перші 18 місяців, становили 37,0 млн тон CO_2 екв., з яких 24,9 – Споживання палива російськими військами, 7,1 – Споживання палива українськими військами, 2,8 – використання боєприпасів, 1,5 – військова техніка, 0,4 – постачання озброєння, 0,2 – спорудження укріплень, 0,1 – накопичення військ перед вторгненням.

Кількість пожеж площею понад один гектар порівняно з довоєнним 12-місячним періодом зросла в 36 разів упродовж першого року війни і залишалася значним джерелом викидів ПГ. Ці пожежі, переважно спостерігаються безпосередньо поруч із лінією фронту, і багато з них призводять до знищення лісових масивів. Загальні викиди від пожеж спричинених воєнними діями склали 22,2 млн тон CO_2 екв.

Через закриття повітряного простору Сибіру для багатьох перевізників та закриття Україною повітряного простору для комерційних польотів, багато західних перевізників втратили важливі повітряні шляхи зі сходу на захід між Європою і Азією. Перевізники були змушені обирати обхідні шляхи на маршрутах до Східної та Південно-Східної Азії, тож час польотів збільшився, як і додаткові витрати пального й обсяги викидів ПГ. Загальний обсяг викидів ПГ за рахунок цього склав 18 млн тон CO_2 екв [2].

Найбільшим джерелом викидів стане повоєнне відновлення пошкодженої та зруйнованої цивільної інфраструктури. Відбудова будівель та іншої інфраструктури дуже вуглецевоємна. Руйнування греблі у Новій Каховці, спричинена нею повінь нижче за течією та спорожнення водосховища стали найважливішою подією [1], і, хоча лінія фронту залишалася відносно незмінною, загальний рівень шкоди, завданої будівлям, продовжує зростати. Загальні викиди складають 54,7 млн тон CO_2 екв на 2023 рік.

Також включено викиди від диверсії на газопроводах «Північний потік – 1 » і «Північний потік – 2» 26 вересня 2022 року [3]. Наразі незрозуміло, чи можна пошкодження трубопроводу Balticonnector 2 8 жовтня 2023 року пояснити війною, а також ще немає даних про обсяги природного газу, що потрапили в атмосферу. Загальні дані щодо викидів CO_2, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Загальні викиди ПГ, в млн.т. CO_2 екв.

Сектор	Викиди за18 місяців (млн. тон CO_2 екв.)	Відсоток,%
Бойові дії	37,0	25
Пожежі	22,2	15
Біженці	3,0	2
Цивільна авіація	18,5	12
Цивільна інфраструктура	54,7	36
Північні потоки 1 та 2	14,6	10

Слід зазначити, що для категорії промисловості та комунальних послуг коефіцієнтів «вуглецевого сліду» немає та/або інформація агрегується на такому високому рівні, що виокремити різні типи техніки неможливо. Для цієї категорії використовуються коефіцієнти викидів, що базуються на витратах, на основі екологічно розширеного аналізу витрат і результатів (Environmentally Extended Input Output — EEIO [4]). Ці коефіцієнти відображають обсяги викидів вуглецю внаслідок купівлі певного товару чи послуги за певну вартість (тон CO2 екв./дол. США).

ЛІТЕРАТУРА

1. Затоплено війною: Дослідження руйнування Каховської греблі та його наслідки для екосистеми, аграріїв, цивільного життя та міжнародного правосуддя. Truth hounds: веб сайт. URL: https://truth-hounds.org/wp-content/uploads/2024/09/zatopleno-vijnoyu-doslidzhennya-rujnuvannya-kahovskoyi-grebli-ta-jogo-naslidky-dlya-ekosystemy-agrariyiv-czyvilnogo-zhyttya-ta-mizhnarodno go-pravosuddya.pdf (дата звернення 05.02.2025).

2. Вплив російської війни в Україні на клімат. 24 лютого 2022 – 1 вересня 2023. Ініціатива з обліку викидів парникових газів внаслідок війни. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/01/Report- 2023_December_UA.pdf (дата звернення 9.02.2025).

3. The possible climate effect of the gas leaks from the Nord Stream 1 and Nord Stream 2 pipelines, Danish Energy Agency. URL: https://ens.dk/en/press/possible-climate-effect-gas-leaks-nord-stream-1-and-nord-stream-2-pipelines (дата звернення 10.02.2025).

4. UK Department for Environment, Food & Rural Affairs, Conversion factors by SIC code 2019, updating Table 13. URL: https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint (дата звернення 10.02.2025).

УДК 666.762

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВОГНЕТРИВІВ В УСУНЕННІ НЕБЕЗПЕЧНОГО ФАКТОРУ – ПОТРАПЛЯННЮ СПОЛУК Cr(VI) ДО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ ТА БІОЦЕНОЗУ

***Логвінков С.М.*[1]**, *д.т.н., професор,*
***Борисенко О.М.*[2]**, *д.т.н., професор,*
***Іващенко М.Ю.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Максименко О.А.*[2]**, *к.т.н., доцент*
[1]*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,*
[2]*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Хром є біогенним хімічним елементом та входить до складу тканин рослин та тварин, приймає участь у процесах обміну ліпідів, вуглеводів, білків у складі трипсину. В той же час, усі сполуки, до яких хром входить зі ступенем окиснення +6 відносять до 1 класу небезпек завдяки їх канцерогенної дії та здатності сприяти розвитку онкологічних захворювань.

Вогнетриви на основі тугоплавких оксидів широко використовують хромовмісну сировину для отримання периклазохромітових, хромомагнезитових та хромооксидних груп, а також в якості модифікаторів фазового складу та мікроструктури багатьох інших видів матеріалів.

Основною сировиною для отримання хромовмісних вогнетривів є магнезитохромітові руди, які складаються з хромошпінелідів – твердих розчинів зі структурою $MgCr_2O_4$ та можуть значно вміщувати хромистий железняк $FeCr_2O_4$. Тобто, основною оксидною складовою у сировині є Cr_2O_3, в якій ступінь окиснення хрому +3 Cr(III). Оксид Cr_2O_3 (тверді розчини на його основі) нерозчинний у воді, є слабким алергеном, гранично допустима концентрація (ГДК) у повітрі робочої зони значна – 1 мг/м^3 та відноситься до 3 класу небезпеки. Інший оксид хрому – хромовий ангідрит CrO_3, навпаки, має Cr(VI), добре розчиняється у воді, відноситься до 1 класу небезпеки, ГДК – 0,0015 мг/м^3, середня летальна доза при оральному потраплянні до крис призводила до 50 % загибелі експериментальних тварин при 80 мг/кг, токсичним порогом для людини вважають – 5 мг/добу, токсодозою – 200 мг/кг, а летальною – 3,0 г.

За нормальних умов Cr_2O_3 не здатен окислюватися до CrO_3 і тому основні зусилля технологів були спрямовані на створення слабо відновлюваного типу газового середовища під час випалу хромовмісних вогнетривів, просочуванням вуглецьвміщуючими композиціями та наданням рекомендацій замовникам по експлуатації таких вогнетривів лише в умовах відсутності окиснювального середовища за високих температур.

Останнім часом розповсюдження Cr(VI) на біоценоз здійснюється новим шляхом, через потрапляння хромовмісних сполук у портландцемент з вогнетривів, якими футеровано високотемпературна зона печей випалу цементного клінкеру. Ця нова проблема несе дуже велику загрозу тому, що портландцемент є найбільш багатотоннажне в'яжуче для будівництва як жилих, так і промислових об'єктів та сполуки Cr(VI) дуже легко потрапляють до тканин рослин, тварин та людини за рахунок вивітрювання та вимивання з бетонів та будівельних розчинів. Джерело проблеми у використанні багато років для футерівки високотемпературних зон обертових печей цементного виробництва магнезитохромовмісних вогнетривів. За традиційними технологіями на таких вогнетривах під час експлуатації виникає гарнісаж – шар обмазки, який складається з розплаву та твердих часток шихти. Гарнісаж виконує позитивну функцію – захищає від потрапляння окисно-газового середовища до поверхні футерівки, додатково теплоізолює металевий кожух печі, демпфує ударні та стираючі навантаження, уповільнює знос вогнетривів та

подовжує термін експлуатації [1–3]. Тому за традиційних умов експлуатації хромовмісних вогнетривів в обертових печах випалу цементного клінкеру окиснення Cr(III) до Cr(VI) фактично відбувається. Але боротьба за енергозбереження привела до використання на цементних заводах альтернативних видів сировини та палива у вигляді різних видів вуглецьвміщуючих відходів, зол, шлаків та інше. Саме тому, газове середовище зон випалу клінкеру не є стабільним, режим змінюється: окисне – відновне, а у складі цементної шихти фіксується підвищений вміст лужних оксидів. В таких умовах лужні оксиди здатні мігрувати з шихти крізь гарнісаж, з'єднуватися з оксидами хрому та переводити їх знову до шихти вже в окисненому вигляді. Лужні сполуки Cr(VI) найбільш легко розчинні та є фактичними переносниками небезпечного фактору.

В докладі також приділено увагу способам вирішення відзначеної проблеми у Німеччині, Китаї та Україні. Німеччина першою звернула увагу на проблему наявності Cr(VI) у портландцементі, але розповсюдила цю інформацію лише після розробки нових безхромових вогнетривів на заміну магнезіальнохромітовим та налагодиш випуск приборно-апаратних засобів контролю і запровадивши нові нормативи до стандартів ЄС. За рахунок таких дій вирішувалось багато питань конкурентоспроможності та суттєвих переваг у матеріалознавстві. Наведено інформацію щодо подолання відзначеної проблеми в Україні та виклики виробництва нових видів вогнетривів в умовах воєнного стану.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nematzadeh, M., Dashti, J., Ganjavi, B. (2018). Optimizing compressive behavior of concrete containing fine recycled, refractory brick aggregate together with calcium aluminate cement and polyvinyl alcohol fibers exposed to acidic environment. Construction and Building Materials. 164. 837–849.

2. Nematzadeh, M., Baradaran, A., Hosseini, M. (2019). Effect of pozzolans on mechanical behavior of recycled refractory brick concrete in fire. Structural Engineering and Mechanics. 72. 339–354.

3. Борисенко О.М., Логвінков С.М., Шабанова Г.М., Іщенко А.М., Ареф`єв В.О. Екологічні аспекти експлуатації обертових цементних печей. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XX Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків,19-20 вересня 2024 р.). УКРНДІЕП, 2024. С. 69–72.

УДК 502:504

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРУ ШКОДИ ВНАСЛІДОК ЗАСМІЧЕННЯ ЗЕМЕЛЬ В РЕЗУЛЬТАТІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА/АБО ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Макаренко Н.О.
Сумський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

Одним із наслідків триваючої в нашій державі вже не один рік російської збройної агресії є нанесення шкоди довкіллю загалом та окремим його компонентам зокрема. Від наслідків воєнних дій страждають не лише люди, а й навколишнє середовище. Відбувається безпрецедентне забруднення атмосферного повітря, забруднення та засмічення водних об'єктів, земельних ресурсів, знищуються середовища існування тварин, зазнають колосальної шкоди об'єкти природно-заповідного фонду тощо.

Визначенні розміру заподіяної шкоди є нагальною потребою, оскільки від цього залежить можливість та розміри її відшкодування. Державною екологічною інспекцією у Сумській області протягом 2022–2024 років відповідно до своїх повноважень нараховано понад 4,6 мільярди гривень за 617 задокументованими фактами негативного впливу на довкілля в тому числі 1 834 606 495,00 грн в результаті засмічення земельних ресурсів.

Розрахунок розміру шкоди в результаті засмічення земельних ресурсів здійснюється відповідно до «Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану», яка затверджена наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 167 від 04.04.2022 р. та зареєстрованої в Міністерстві юстиції України за № 406/37742 від 11.04.2022 р.

Земельна ділянка вважається засміченою, якщо на ній наявні сторонні предмети, матеріали, відходи та/або інші речовини без відповідних дозволів, які з'явилися на цій земельній ділянці в результаті надзвичайної ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій.

Факт засмічення земель, а також площа засміченої ділянки можуть встановлюються уповноваженими особами, які здійснюють державний нагляд (контроль) за додержанням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, зокрема державними інспекторами Державної екологічної інспекції у Сумській області, шляхом огляду земельних ділянок, результатів лабораторних досліджень зразків відібраних проб ґрунтів, даних дистанційного зондування землі аналізу висновків експертиз, пояснень, довідок, документів, матеріалів, відомостей, отриманих, зокрема, з будь-яких джерел, оперативних повідомлень фізичних та юридичних осіб тощо.

Розмір шкоди обчислюється державними інспекторами Державної екологічної інспекції у Сумській області відповідно до матеріалів, що підтверджують факт засмічення земель.

Віднесення відходів, що спричинили засмічення земельної ділянки, до категорії небезпечних (токсичних) відходів здійснюється у відповідності до переліків небезпечних (токсичних) відходів, чинних нормативних документів у сфері поводження з відходами, які затверджені в установленому порядку.

Розмір шкоди, заподіяної внаслідок засмічення земель визначається за формулою:

$$Ршз = А \times Б \times Гоз \times Пдз \times Кзз \times Кег, \quad (1)$$

де *Рш* – розмір шкоди від засмічення земель, грн;

А – питомі витрати на ліквідацію наслідків засмічення земельної ділянки, в тому числі прибирання, значення якого дорівнює 1;

Б – коефіцієнт перерахунку, що при засміченні земельної ділянки сторонніми предметами, матеріалами, відходами та/або іншими речовинами без відповідних дозволів дорівнює 15, а небезпечними відходами та/або іншими небезпечними речовинами – 300;

Гоз – нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала засмічення, грн/кв. м;

Пдз – площа засміченої земельної ділянки кв. м;

Кзз- коефіцієнт засмічення земельної ділянки, що характеризує ступінь засмічення її відходами (для об'єму відходів 50–100 м^3, Кзз=3, понад 100 м^3, Кзз=4). Для земель, що засмічені багатотонажними (>10000 т) відходами гірничодобувної промисловості, коефіцієнт Кзз приймається рівним 1,0;

Кег – коефіцієнт еколого-господарського значення земель, для земель природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення *Кег* становить 4,5; для земель сільськогосподарського призначення, лісового фонду, житлової та громадської забудови *Кег* становить 1.

Якщо за шкалою еколого-господарського значення земель земельна ділянка, що зазнала засмічення, може бути класифікована за декількома категоріями земель чи особливостями охорони, для розрахунків обирається коефіцієнт *Кег* з максимальним значенням серед відповідних коефіцієнтів.

Дані нормативної грошової оцінки засміченої земельної ділянки беруться з будь-яких джерел. Якщо грошова оцінка земельних ділянок не проведена, або у випадку неможливості отримання даних з нормативної грошової оцінки засміченої земельної ділянки, *Гоз* розраховується як середня нормативна грошова оцінка площі ріллі по області (для м. Київ використовується середня нормативна грошова оцінка площі ріллі по Київській області), помноженої на коефіцієнт, що зумовив негативні екологічні наслідки для родючості ґрунтів, який дорівнює 300.

Всі матеріали, які використовуються для проведення розрахунку, формуються в окрему справу, яка зберігається в Державній екологічній інспекції, яка має право надавати копії розрахунків разом зі справою органам державної влади, місцевого самоврядування та правоохоронним органам для проведення досудового розслідування для подання цих розрахунків до експертних установ для проведення інженерно-екологічної експертизи та встановлення правильності застосування коефіцієнтів та розміру шкоди, заподіяної в результаті засмічення земель внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методика визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану: Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 167 від 04.04.2022 року.

2. Державна екологічна інспекція у Сумській області. URL: https://deisumy.gov.ua/?p=6824

УДК 504.062.2

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Матющенко О.В.,
Єлізаров А.П.,
Шкоп А.О., *к.т.н.,*
Босюк А.С., *PhD*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Під традиційною енергетикою розуміють енергогенерувальні потужності, які наразі є основою розвитку цивілізації. Основна екологічна проблема пов'язана з роботою енергогенерувальних установок, зокрема електростанцій, таких як ТЕС, ГЕС та АЕС [1]. Теплоелектростанції (ТЕС) є важливою складовою енергетичного комплексу, що забезпечує стабільне електропостачання. Однак їхня діяльність супроводжується значним екологічним навантаженням. Однією з найбільших проблем є утворення стічних вод, шламів газоочистки та золи, що забруднюють навколишнє середовище та потребують ефективних методів утилізації та очищення. Різні типи енергогенерувальних установок по-різному впливають на навколишнє середовище (табл. 1).

Вплив шкідливих викидів теплоелектростанцій визначається як кількісним, так і якісним складом відходів, що утворюються в результаті послідовних технологічних процесів роботи станції.

Таблиця 1. Основні чинники впливу енергетичних об'єктів на навколишнє середовище [1]

ТЕС	АЕС	ГЕС
Вплив на атмосферу		
1. Витрата кисню. 2. Викиди NO_x, SO_x, H_2O, твердих часток, аерозолів. 3. Теплове забруднення.	1. Викиди газоподібних відходів	1. Випаровування вологи з поверхні водоймищ.
Вплив на гідросферу		
1. Витрата води. 2. Скид стічних вод. 3. Теплове забруднення.	1. Витрата води. 2. Злив радіоактивних відходів. 3. Теплове забруднення.	1. Зміна якісного і кількісного складу стоків річок. 2. Гідрогеологічні зміни водоймищ.

ТЕС завдають найбільшого екологічного збитку серед усіх типів електростанцій через спалювання органічного палива, що супроводжується значними викидами важких металів, сполук сірки, азоту та твердих частинок (табл. 2). Зола та шлами газоочистки можуть містити канцерогенні та токсичні речовини, що ускладнює їх безпечне зберігання та утилізацію, внаслідок чого утворюються потенційно небезпечні відходи, які можуть спричиняти довгострокові екологічні проблеми для населення. Зокрема, викиди оксидів сірки та азоту призводять до утворення кислотних дощів, що руйнують рослинність і погіршують якість ґрунтів.

В результаті аналізу Інституту економіки енергетики та фінансового аналізу (IEEFA, США) встановлено, що світове виробництво електроенергії з вугілля в 2019 році

знизилося приблизно на 3 % (300 ТВт·год) [2], що свідчить про зниження залежності світової енергетичної системи від вугілля як джерела енергії.

Таблиця 2. Показники забруднення атмосфери в результаті роботи ТЕС [1].

Забруднювач, г/кВт·г	Вид палива			
	кам'яне вугілля	буре вугілля	мазут	природний газ
Двоокис сірки	6,0	7,7	7,4	0,002
Тверді частинки	1,4	2,7	0,7	–
Оксиди азоту	21,0	3,45	2,45	1,9
Фтористі сполуки	0,05	0,11	0,004	–

Основними чинниками екологічної кризи є використання низькоякісного палива, застарілі технології, висока енерго- та матеріаломісткість, концентрація промислових об'єктів та екологічно небезпечних виробництв, а також недостатній рівень природоохоронних заходів і неефективна експлуатація очисних споруд.

Впровадження нових екологічних нормативів щодо викидів парникових газів підвищує капітальні та експлуатаційні витрати на їх очищення, збільшує екологічні платежі та впливає на собівартість виробництва електроенергії протягом життєвого циклу [3].

Стічні води ТЕС виникають в процесах охолодження турбін та конденсаторів, а також при очищенні обладнання, що містять залишки мастил, солі важких металів та продукти корозії. Очистку стічних вод можна здійснювати за допомогою фізико-хімічних методів (коагуляція, флокуляція, іонний обмін) для видалення важких металів і забруднень або біологічними методами (активний мул, біофільтри) для зменшення органічних забруднень.

Шлами газоочистки утворюються під час вловлювання зольного пилу та газоподібних забруднень. Вони містять сульфати, нітрати, важкі метали та летючі з'єднання. А зола, в свою чергу, є продуктом згоряння вугілля, який осідає в котлах і газоочисних установках, що включає кремнезем, оксиди заліза, кальцію, алюмінію та інші сполуки. Переробку шламів газоочистки виконують за допомогою стабілізації та затвердніння задля безпечного зберігання. Перероблені шлами, після нейтралізації токсичних компонентів, в подальшому можна використовувати в будівельних матеріалах. Золу використовують в цементній промисловості та дорожньому будівництві.

Таким чином, можна зробити висновок, що раціональне управління відходами ТЕС є ключовим завданням для мінімізації їхнього впливу на довкілля. Використання сучасних методів очищення стічних вод, переробки шламів та утилізації золи сприятиме зменшенню екологічного навантаження та підвищенню ефективності енергетичного комплексу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Маляренко В.А., Лисак Л.В. Енергетика, довкілля, енергозбереження: Монографія / Під ред. проф. В.А. Маляренка. Харків: «Рубікон», 2004. 368 с.

2. Levelised Cost of Electricity Calculator. 2020. URL: https://www.iea.org/articles/levelised-cost-of-electricity-calculator

3. Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2023 : колективна монографія / під ред. О.В. Степової. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023. 246 с.

УДК 349.6

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Михаленко Є.К.,
Черненко О.М., *к.мед.н., доцент*
Національний університет цивільного захисту України

Основою життя людини зокрема, та суспільства загалом, є природокористування. Людина є одним з елементів природи, і, разом з тим, вона не може існувати без інших компонентів природи. Тобто, природне середовище слугує людині базисом існування. При цьому, логічно допустити, що життя людини є якісним та безпечним лише за умови якісності та безпечності середовища її проживання. Безпека ж середовища, в свою чергу, визначається не лише, та навіть не настільки природними процесами, як саме антропогенною діяльністю. В сучасних умовах екологічна ситуація в світі стає все більш небезпечною [1].

Майбутні покоління можуть втратити перспективу безпечного життя в природному середовищі. Тому зрозуміло, що діяльність людства в процесі природокористування має бути регульованою та контрольованою. Відтак, показник екологічної безпеки є інтегральним показником безпечності оточуючого людину середовища, а визначення сутності безпеки навколишнього середовища та шляхів її забезпечення є важливим завданням сьогодення, яке ніколи не втрачало, та й не втратить актуальності, оскільки не лише природний кругообіг є динамічним, але і виробнича діяльність людства розвивається швидкими темпами, внаслідок чого вплив на природне середовище змінюється і, своєю чергою, змінює зміст екологічної безпеки [2].

Поняття «екологічна безпека» є поєднанням двох термінів: «безпека» та «екологія». Першочергово звернемося до пояснення цих термінів тлумачним словником: безпека – це: «стан, коли кому-, чому-небудь ніщо не загрожує». Екологія - взаємовідношення між організмом і оточуючим середовищем». Виходячи із словникового тлумачення слів розглянутого нами словосполучення, можна сказати, що екологічна безпека – це стан, коли відсутні загрози людині та оточуючому середовищу, точніше, під поняттям «екологічна безпека», на нашу думку, слід розуміти сукупність умов оточуючого середовища, які є безпечними для життя та здоров'я людини. Проте, цілком зрозуміло, що поняття «екологічна безпека» в умовах суспільних правовідносин виходить далеко за межі його орфографічного тлумачення [3].

У нормативно-правовій базі України термін «екологічна безпека» визначається Законом України № 1264-XII від 25.06.1991 «Про охорону навколишнього природного середовища» як: «такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей» [1], що, на нашу думку є недостатньо раціональним. Із законодавчого визначення, можна припустити, що закон передбачає існування певного стану оточуючого людину середовища (обстановку), яке умовно є безпечним, а процес забезпечення недопущення погіршення цієї обстановки виглядає як державна гарантія, яка може попередити загрозу. Крім того, закон, окрім здоров'я людини, не визначає інших важливих ознак екологічної безпеки. Також на державному рівні можна зустріти визначення, що: «екологічна безпека – це відсутність небезпечних загроз для людини і довкілля» [3].

Забезпечення вимог екологічної безпеки в Україні здійснюється завдяки отриманій інформації засобами системи моніторингу навколишнього природного середовища, основними завданнями якого є:

– довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;

– аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;

– інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;

– інформаційне обслуговування органів державної влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення екологічною інформацією населення країни і міжнародних організацій [2].

Отже, як бачимо поняття «екологічна безпека» різними дослідниками визначається як «стан системи», «складова системи захищеності», «властивість навколишнього середовища», «сукупність певних властивостей навколишнього середовища», «рівень якості навколишнього середовища», «стан захищеності інтересів об'єктів екологічної безпеки», «сукупність природних, соціальних та інших умов».

Виходячи з розглянутих означень, можна виділити такі основні ознаки екологічної безпеки:

1) захищеність життя та здоров'я людини;

2) раціональне природокористування;

3) стан навколишнього природного середовища [3].

Загалом поняття «екологічна безпека» має двоякий зміст: з технічної точки зору вона виступає як система «природне середовище-людина-виробництво», а з юридичної сторони - визначається як інструмент захисту прав та свобод громадянина на безпечне для життя та здоров'я середовище. Фізично рівень екологічної безпеки має визначатися через показники безпечності компонентів навколишнього природного середовища (стан повітря, рівень радіації, стан водних ресурсів тощо).

Сучасна екологічна ситуація і тенденції її зміни спонукають до швидкого реагування органів державної влади у сфері екологічної безпеки. Екологічна безпека є складовою глобальної і національної безпеки, спрямованою на захист життєво важливих інтересів людини, суспільства, держави від небезпечного впливу навколишнього природного середовища, на регулювання екологічно небезпечної діяльності та захист довкілля від порушення його екологічної рівноваги.

Для забезпечення належного рівня екологічної безпеки на глобальному, регіональному чи локальному рівнях, а також у межах держави та її підрозділів, необхідно розробити систему забезпечення екологічної безпеки, що забезпечать виконання на законних підставах комплексу заходів, які матимуть на меті охорону навколишнього природного середовища. Здійснення таких заходів має базуватись на чіткому пріоритеті природоохоронних цілей та розробленні конкретних засобів, відповідних проектів, програм для досягнення цих цілей [2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Варламова І.С. Теоретичні підходи до визначення поняття «екологічна безпека». Науковий вісник Херсонського державного університету, 2017. Вип. 23. Ч. 2. С. 161–164.

2. Качинський А.Б., Єгоров Ю.В. Екологічна безпека України: системні принципи та методи її формалізації. Національна безпека: український вимір: щоквартальний наук. зб., 2009. № 4. С. 71–79.

3. Хилько М.І., Кушерець В.І. Екологічна безпека України: у запитаннях та відповідях. К. : Знання України, 2006. 144 с.

УДК 343.983

СУДОВА ЕКСПЕРТИЗА У РОЗСЛІДУВАННІ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗЛОЧИНІВ ТА АВАРІЙ

Москаленко Г.С.
Сумський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

Судова інженерно-екологічна експертиза є важливим інструментом у встановленні причинно-наслідкових зав'язків у справах, пов'язаних із надзвичайними екологічними ситуаціями та злочинами проти навколишнього середовища. Її завдання включають як визначення технічних і організаційних причин порушень, так і оцінку екологічних наслідків, спричинених порушенням нормативних вимог.

Одним із ключових завдань судової експертизи є аналіз обставин, що призвели до настання надзвичайної екологічної ситуації. Зокрема, це стосується оцінки стану технологічних процесів на підприємствах, виявлення порушень правил експлуатації обладнання та оцінки їх впливу на екологічну безпеку. Експерти встановлюють, чи призвели ці порушення до викидів шкідливих речовин, накопичення промислових відходів чи інших видів антропогенного забруднення.

Об'єктом інженерно-екологічної експертизи є матеріальні і матеріалізовані джерела інформації, що містять фактичні дані про обставини досліджуваної ситуації, а саме: локальна земельна ділянка, на якій виявлені ознаки негативного антропогенного впливу, у тому числі забруднені земельні ділянки, ділянки із частковим або повним руйнуванням родючого шару ґрунту, забруднені площі зелених насаджень, території вивезення, складування й знищення відходів виробництва і споживання тощо; забруднені водні простори (ділянки рік, озер, водоймищ); забруднений повітряний простір; проби атмосферного повітря, води, ґрунту, відібрані в межах антропогенного забруднення навколишнього середовища; зразки флори й фауни, які піддалися негативному антропогенному впливу; виробничі й складські приміщення промислових, комунальних та інших підприємств і організацій, їх очисні спорудження, газоочисні й пилоуловлювальні установки тощо; відомості з технічної документації й актів перевірки екологічного стану об'єктів; результати обстеження об'єктів навколишнього середовища санітарно-епідеміологічними, природоохоронними й іншими спеціально уповноваженими органами; інші джерела інформації про негативний антропогенний вплив на навколишнє середовище.

Предметом інженерно-екологічної експертизи є сукупність фактичних даних щодо обставин порушення вимог правил екологічної безпеки, які призвели чи могли призвести до негативного антропогенного впливу, локальних екологічних порушень, заподіяння шкоди здоров'ю людей, забруднення повітря, акваторії водоймищ, ґрунту, значних матеріальних збитків або інших тяжких наслідків, пов'язаних з діями учасників події, технічним станом будівель, агрегатів і механізмів, знарядь і засобів виробництва, природоохоронного устаткування, а також причини і умови, які сприяли виникненню та розвитку надзвичайної екологічної ситуації [1].

Важливою складовою судової екологічної експертизи є встановлення фактів недотримання екологічного законодавства. Експерти аналізують, чи були порушені норми щодо охорони атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів чи лісових масивів. Особлива увага приділяється перевірці відповідності дій суб'єктів господарювання вимогам ГДК (гранично допустимої концентрації), ГДС (гранично допустимого скидання), а також перевищенням допустимих рівнів забруднення внаслідок виробничої діяльності чи аварій.

У рамках експертизи розглядаються й питання про порушення під час видачі дозвільних документів на спеціальне використання природних ресурсів. Експерти аналізують, чи відповідали видані дозволи вимогам чинного законодавства, чи враховували вони потенційні ризики забруднення довкілля.

Значна частина роботи експертів спрямована на оцінку масштабів шкоди, завданої довкіллю. Це включає розрахунок розміру екологічних збитків, пов'язаних із забрудненням повітря, водних об'єктів, ґрунтів, а також пошкодженням чи знищенням об'єктів тваринного та рослинного світу. Зокрема, експерти встановлюють, як конкретна надзвичайна ситуація вплинула на стан довкілля, визначаючи види, обсяги та концентрації забруднюючих речовин.

У випадках несанкціонованого використання природних ресурсів, наприклад, самовільного зайняття земельних ділянок чи користування надрами, експерти аналізують документальні підтвердження розмірів заподіяних збитків. Це ж стосується і випадків незаконної вирубки лісів чи вилову водних біоресурсів.

Судова інженерно-екологічна експертиза надає відповіді на широкий спектр питань, серед яких встановлення відповідності нормативним актам, оцінка перевищення допустимих рівнів забруднення, розрахунок шкоди від забруднення чи пошкодження природних ресурсів, а також визначення технічних причин інцидентів.

Результати експертизи сприяють як формуванню обґрунтованої доказової бази для судових справ, так і розробці рекомендацій для вдосконалення систем екологічної безпеки. Зокрема, вони можуть бути використані для покращення нормативної бази, спрямованої на запобігання повторенню подібних інцидентів.

Судова інженерно-екологічна експертиза є невід'ємною частиною системи охорони навколишнього середовища. Її висновки забезпечують не лише встановлення фактів порушення законодавства, але й сприяють створенню передумов для підвищення ефективності управління природоохоронною діяльністю. Це дозволяє зменшити ризики для довкілля та забезпечити сталий розвиток суспільства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічна експертиза. URL: https://pidru4niki.com/74954/pravo/ekologichna_ekspertiza (дата звернення 14.01.2025).

УДК 628.477

АНАЛІЗ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАПЕРОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

Мотченко А.Ю.,
Отрош В.Ю.,
Рашкевич Н.В., *PhD*
Національний університет цивільного захисту України

Паперові відходи характеризуються високою горючістю, що становить значну загрозу виникнення пожеж [1–3]. Вторинне використання паперових відходів у будівництві зменшує їх обсяг на полігонах, тим самим знижуючи ризик займання (рис. 1).



Рис. 1. Паперові відходи промисловості та їх використання в якості еко-утеплювача.

Паперові відходи складаються переважно з целюлози, яка є органічною речовиною з високим вмістом вуглецю та водню. Вміст целюлози зазвичай становить 70–95 %, що обумовлює їхню легкозаймистість і високу теплотворну здатність під час горіння. До складу також можуть входити домішки, такі як барвники, клейкі речовини, наповнювачі та добавки, які можуть впливати на поведінку матеріалу під час займання та виділення диму.

Структурно паперові відходи мають пористу будову, яка забезпечує вільний доступ кисню до матеріалу. Ця властивість сприяє швидкому займання та інтенсивному горінню. Низька щільність паперу збільшує його поверхню, що контактує з киснем, тим самим знижуючи час займання до декількох секунд при наявності джерела вогню.

Температура займання паперових відходів коливається в межах 250–300 С, що є досить низьким показником, порівняно з іншими матеріалами.

Під час горіння паперові відходи виділяють значну кількість теплової енергії, що сприяє швидкому поширенню полум’я. Також відбувається інтенсивне виділення диму, який може містити токсичні компоненти залежно від типу домішок у папері, таких як хлорвмісні сполуки чи синтетичні барвники.

Ще однією важливою властивістю є здатність паперових відходів до накопичення тепла у великих об’ємах, наприклад, у пресованих тюках. Через це можливе поступове підвищення температури всередині купи, що за сприятливих умов може призвести до самозаймання.

Висока гігроскопічність сприяє зниженню ризику займання, але водночас створює умови для розвитку плісняви та біорозкладу, які є небажаними для зберігання.

Одним із головних джерел займання є відкрите полум'я, яке може виникати через порушення правил пожежної безпеки під час виконання зварювальних, різальних або інших гарячих робіт поблизу місць накопичення паперових відходів.

Електричні іскри або несправності електрообладнання також становлять значний ризик. Перегрів електропристроїв, коротке замикання або іскріння під час роботи обладнання можуть стати причиною займання, особливо в умовах, коли паперові відходи накопичені у великих об'ємах у замкнутих приміщеннях.

Невідповідність умов зберігання, таких як недостатня вентиляція, висока температура навколишнього середовища або висока щільність укладання відходів, може суттєво підвищити ризик пожежі.

Флегматизовані відходи паперової промисловості можуть використовуватись в будівництві та архітектурі як ефективний шлях досягнення як екологічної, так й пожежної безпеки [4–5].

Таким чином, фізико-хімічні властивості паперових відходів визначають їхню легкозаймистість, швидкість горіння та особливості поводження під час зберігання і утилізації. Врахування цих характеристик є важливим для розробки заходів пожежної безпеки та організації ефективного процесу як їх утилізації, так і використання в якості теплоізоляційних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пастухова А.О., Рашкевич Н.В. Питання забезпечення пожежної безпеки на території полігону побутових відходів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 76.

2. Рашкевич Н.В., Шершньов В.О., Словінський В.К., Коновал В.М. Формування математичного апарату методики протидії пожежовибухонебезпеці об'єктів захоронення побутових відходів. Збірник Проблеми надзвичайних ситуацій № 2(34). 2021. С. 232–243.

3. Кирпиленко О.О., Рашкевич Н.В. Управлінські рішення щодо забезпечення пожежної безпеки на об'єктах захоронення твердих побутових відходів. Матеріали II 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. 188–189.

4. Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Питання екологічної безпеки в містобудуванні: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів : студент. й шкіл. секція», Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 143–144.

5. Полупан В.А., Рашкевич Н.В. Ризики, що постали перед регіонами у сфері поводження з відходами: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів : студент. й шкіл. секція», Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 79–80.

6. Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Шляхи досягнення екологічної безпеки в будівництві та архітектурі. Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах» (Харків, НТУ «ХПІ», 2023 р.). С. 138–139.

УДК 351

МЕХАНІЗМИ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Найдовська М.В.
КЗ «Дніпропетровський фаховий мистецько-художній коледж культури» ДОР»

Екологічна безпека є одним з основних аспектів забезпечення сталого розвитку будь-якої держави. В Україні, з огляду на її географічне розташування, багатство природних ресурсів і важливі екологічні проблеми, механізми державного регулювання екологічної безпеки мають особливе значення. Ці механізми забезпечують захист навколишнього середовища від негативного впливу техногенних і природних факторів, а також сприяють сталому використанню природних ресурсів.

На думку В.С. Дудюка і В.В. Гобели, екологічна безпека – це стан, що характеризується забезпеченням всіх життєво необхідних потреб людини з дотриманням негативного впливу на навколишнє природне середовище на рівні, що гарантує безпечні умови життєдіяльності та здоров'я людей, не передбачає погіршення умов життя в майбутньому та створює систему заходів для запобігання та усунення наслідків природних явищ і стихійних лих [1, с. 277].

Держава несе відповідальність за збереження екологічної стабільності, охорону природних ресурсів та забезпечення здорового довкілля для своїх громадян. У цьому контексті вона має розробляти та впроваджувати відповідні механізми регулювання, які включають законодавчі, адміністративні, економічні та інституційні заходи. Крім того, держава повинна сприяти екологічній освіті та підвищенню екологічної свідомості громадян, щоб забезпечити сталий розвиток суспільства.

Механізми державного регулювання щодо екологічної безпеки стали предметом досліджень багатьох вітчизняних науковців таких, як М. Андрієнко, Р. Білоскурський, В. Бірюков, О. Бірюкова, Г. Буканов, В. Гобела, В. Дудюк, Ю. Егоров, Ю. Корецький, Г. Іщенко, М. Сірант, І. Патока, В. Шако та ін.

Законодавча база є основою державного регулювання екологічної безпеки. В Україні цей напрямок охоплює низку законів, актів і підзаконних нормативних документів, які визначають правові основи для захисту довкілля. Найважливішими з них є:

– Конституція України від 28.06.1996 р.

– Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» № 1264-XII від 25.06.1991 р.

– Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» № 2059-VIII від 23.05.2017 р.

– Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» № 2697-VIII від 28.02.2019 р.

Постанова Верховної Ради України «Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» № 188/98-ВР від 05.03.1998 р.

Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (Орхуська Конвенція) від 25.06.1998 р., ратифікована Верховною Радою України 06.07.1999 р.

Зазначені нормативно-правові акти у сфері екологічного законодавства встановлюють правові норми для контролю за використанням природних ресурсів, запобіганням забрудненню довкілля та реагування питань щодо екологічної безпеки.

Державна екологічна політика – це діяльність державних органів, спрямована на забезпечення конституційного права кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди [2, с. 9].

Адміністративні механізми включають діяльність органів державної влади, які здійснюють нагляд, контроль і регулювання в галузі екології. Це Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Державна екологічна інспекція України, органи місцевого самоврядування та інші установи.

Основними функції адміністративних органів є:

– проведення перевірок підприємств та організацій на відповідність екологічним вимогам;

– видача дозволів на використання природних ресурсів та на діяльність, що може впливати на довкілля;

– здійснення нагляду за виконанням екологічних норм та стандартів.

Економічні механізми регулювання екологічної безпеки спрямовані на стимулювання підприємств до сталого використання природних ресурсів та зменшення шкідливого впливу на довкілля.

Основними інструментами економічного механізму є:

Екологічні податки та збори стягуються у формі платежів за забруднення навколишнього середовища повинні стимулювати підприємства до зменшення викидів і відходів, не навпаки.

Субсидії та фінансування здійснюються для впровадження екологічно чистих технологій.

Екологічні сертифікати та фінансові стимули впроваджують для підприємств, що дотримуються екологічних стандартів.

Інституційні механізми включають діяльність спеціалізованих інститутів і організацій, що займаються дослідженням і управлінням екологічними питаннями. Це Національна академія наук України, науково-дослідні інститути, громадські організації, екологічні фонди та об'єднання. Вони проводять наукові дослідження, моніторинг екологічної ситуації, а також займаються просвітницькою діяльністю серед громадян і підприємств.

Таким чином, механізми державного регулювання екологічної безпеки України є важливим інструментом у забезпеченні сталого розвитку та охорони навколишнього середовища. Проте для підвищення їх ефективності необхідно вдосконалювати законодавчу базу, посилювати контроль за дотриманням екологічних стандартів, а також активно впроваджувати інноваційні технології для збереження природних ресурсів. Тільки комплексний підхід до екологічної безпеки дозволить досягти довгострокових результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудюк В.С., Гобела В.В. Теоретичні підходи до визначення поняття екологічної безпеки. Науковий вісник НЛТУ України. 2015. Вип. 25.5. С. 130–135.

2. Сарапіна М.В., Андронов В.А., Артем'єв С.Р., Бригада О.В., Рибалова О.В. Забезпечення екологічної безпеки: підручник. Харків : НУЦЗУ, 2019. 246 с.

УДК 504.6:502.2(477)(043.2)

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИРОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ВПЛИВ НЕПЕРЕДБАЧУВАНИХ СИТУАЦІЙ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

Носова Н.І.
ДУ «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України»

Екологічна безпека є складовою національної безпеки, зміст якої полягає у забезпеченні екологічних вимог стосовно можливостей функціонування людського суспільства та управління потенційними загрозами й небезпеками, які є наслідком функціонування природних та техногенних систем під впливом антропогенних факторів глобального, регіонального або локального характеру.

Останнім часом велике занепокоєння викликає глобальна зміна клімату на планеті внаслідок природних та антропогенних чинників, яка супроводжується підвищенням температури, що негативно відбивається на стані здоров'я людей і являє загрозу затоплення багатьох густонаселених частин суші.

В умовах війни в Україні, як ситуації невизначеності й непередбачуваності, виникає велика загроза для навколишнього середовища внаслідок накопичення великої кількості пошкодженої техніки, забруднення значної частини території, що призводить до збитків екологічного й економічного характеру.

Загальна сума збитків, заподіяних довкіллю України внаслідок повномасштабної російської агресії, перевищує 65 млрд. євро; лише для лісового господарства вони майже сягнули 26 млрд. дол. Наразі 20 % природоохоронних територій України перебувають під ворожою окупацією або в зоні бойових дій. Війна є загрозою для 35 % біорізноманіття Європи, йдеться про загрози для не менш як 6 % площі континенту. 1300 із майже 72 тис. видів рослин і тварин, які є в Україні, через бойові дії перебувають у зоні ризику [1].

Світова екологічна спільнота не менш стурбована подіями в Україні, адже війна такого масштабу – це проблема не однієї країни. Тож питання її наслідків для довкілля регулярно висвітлюють міжнародні ЗМІ, а світові експерти проводять власні дослідження та шукають шляхи мінімізації впливу війни на екологію [2].

Також велику загрозу для навколишнього середовища являє велика кількість накопичених відходів, зокрема пластику у водних ресурсах океанів, що призводить до загибелі їх мешканців, а також небезпечних *відходів*, що містять важкі метали, такі як хром, свинець, нікель та ін.

У морі пластик не розкладається, а розбивається на менші частинки, які тварини можуть легко з'їсти. Вчені підрахували, що кожен рік на берег виносить 4-12 мільйонів тонн пластику. Предмети, знайдені на пляжі, доводять, що забруднення океану – це проблема всього світу. Адже пластикові відходи в океані щороку вбивають мільйони морських тварин [3].

Щороку на планеті утворюється близько 369 мільйонів тон пластикових відходів, із яких приблизно 11 млн. тон потрапляють в океани. За прогнозами Конференції ООН з торгівлі та розвитку (ЮНКТАД), обсяги пластикового забруднення можуть збільшитись утричі вже до 2040 року. Надмірне забруднення пластиком завдає значної шкоди морським і наземним екосистемам, загрожуючи, зокрема, здоров'ю людей. Забруднення пластиком впливає на всі рівні економіки, від туризму до риболовлі, і вимагає величезних витрат на підтримання інфраструктури для утилізації відходів [4].

За оцінками експертів, щорічно в Україні утворюється понад 500 тисяч тон небезпечних відходів, серед яких відходи електричного й електронного обладнання, батарейки та акумулятори, хлорвмісні полімери, засоби захисту рослин, медичні відходи,

відпрацьовані мастила тощо. Загальний обсяг небезпечних відходів сягне 700–750 тис. тон. Тільки 6 % цих відходів переробляють, що є надзвичайно низьким показником порівняно з країнами ЄС, де він становить приблизно 40 % (від 11 % у Румунії до 68 % у Німеччині) [5]. Проблема сортування відходів та їх подальшої переробки та утилізації залишається актуальною і потребує подальшого вирішення.

Одним з варіантів вирішення проблеми ощадливого поводження з довкіллям є впровадження ресурсоощадливих та екологобезпечних технологій.

Законодавча база України стосовно впливу забруднюючих речовин на навколишнє середовище включає екологічний аудит та екологічну оцінку наслідків для довкілля, у тому числі вплив на здоров'я населення. В законодавчому порядку визначаються параметри відповідності стану повітря, водних, земельних та інших ресурсів нормативам, передбаченим законом.

В Україні останнім часом відбувається процес глобальної інтеграції у світове економічне співтовариство, що вимагає застосування заходів для подальшого економічного розвитку. Вирішення вищеозначених в Україні екологічних проблем є головним завданням повоєнного відновлення природних ресурсів.

Комплексне вирішення означених глобальних проблем екологічного характеру для всієї планети передбачено у запропонованих ООН Цілях сталого розвитку, яких мають дотримуватися всі країни світу з метою збереження планети й можливості подальшого на ній проживання людства та збереження її для нинішнього й прийдешніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заподіяні війною збитки довкіллю України перевищили € 65 мільярдів. Укрінформ. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3928441-zapodiani-vijnou-zbitki-dovkillu-ukraini-perevisili-65-milardiv.html

2. Війна та екологія: чому природа стає жертвою збройного конфлікту? Інститут аналітики та адвокації. URL: https://iaa.org.ua/articles/vijna-ta-ekologiya-chomu-pryroda-staye-zhertvoyu-zbrojnogo-konfliktu/

3. Пластик – екологічна проблема людства!!! URL: https://oleshynska-gromada.gov.ua/news/1557128423/

4. Забруднення океанів мікропластиком досягло критичного рівня. 28.10.2024. URL: https://usm.media/zabrudnennia-okeaniw-mikroplastykom-dosiahlo-krytycznoho-riwnia/

5. Ринок небезпечних відходів України: про важливе в цифрах. Матеріал Pro-Consulting для Екологія&Економіка URL: https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/rynok-opasnyh-othodov-ukrainy-vazhnoe-v-cifrah-material-pro-consulting-dlya-ekologiya-ekonomika

УДК 504

УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ БУДІВНИЦТВА, ЩО УТВОРИЛИСЬ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

Пінчукова Ю.С.,
Рашкевич Н.В., *PhD*
Національний університет цивільного захисту України

Однією з найбільших проблем екологічної безпеки країни є відходи від руйнації об'єктів інфраструктури. За період воєнного стану в Україні зруйновані та зазнали пошкоджень велика кількість будівель та споруд [1–3].

Серед методів утилізації відходів будівництва виділяють спалювання, яке застосовується переважно для органічних відходів або матеріалів. Однак цей процес вимагає суворого контролю за викидами токсичних речовин для уникнення забруднення навколишнього середовища. Крім того, утилізація відходів може включати метод захоронення, що, зазвичай, використовується лише для безпечних матеріалів, які не містять небезпечних речовин [4–6].

Сьогодні активно ведеться робота з розчищення завалів, що утворилися внаслідок бойових дій, та очищення населених пунктів від уламків зруйнованих об'єктів. Частина цих будівельних відходів може бути використана повторно, що є важливим кроком у контексті раціонального поводження з ресурсами та зменшення екологічного навантаження. Уламки будівельних конструкцій, які зберегли свої властивості, можуть бути використані як вторинна сировина для відновлення пошкоджених об'єктів або під час виробництва нових.

Повторне використання таких відходів вимагає ретельного сортування будівельних залишків, що дозволяє відокремити небезпечні компоненти. Сортування проводиться вручну або механічним способом через ризик знаходження нерозірваних снарядів. Після сортування визначаються групи матеріалів, які можуть бути повторно використані – наприклад, скло, метал, пластик, бетон – та ті, що не підлягають переробці, такі як термодеформовані елементи теплоізоляції фасаду. Наступним етапом є зменшення об'єму цих відходів через обробку, подрібнення та утилізацію.

Зібрані матеріали можуть бути використані як вторинна сировина. Наприклад, будівельні «кам'яні» залишки для виробництва підсипок під дороги або засипки вирв від розривів снарядів. Щебінь із переробленого бетону для засипки боліт, котлованів або створення тимчасових доріг. Асфальт повторно застосовуватись у будівництві доріг після термічної обробки за високих температур.

У багатьох країнах Європи існують розвинені системи управління будівельними відходами, які базуються на ефективній переробці та мінімізації захоронення. Наприклад, у таких державах, як Данія, Нідерланди, Німеччина існує пряма вимога до нового будівництва використовувати певний відсоток продукції, виготовленої з перероблених відходів. Це стимулює розвиток технологій переробки, сприяє скороченню обсягів будівельних залишків і зменшенню негативного впливу на довкілля.

Австрія демонструє один із найвищих показників у Європі за рівнем переробки будівельних відходів. Важливою особливістю австрійської системи є те, що збір відходів, зазвичай, здійснюється безпосередньо на місці знесення або будівництва, використовуючи спеціальні контейнери. Цю діяльність організовують та проводять професійні оператори з утилізації та демонтажу, що дозволяє забезпечити якісне сортування матеріалів для подальшої переробки.

Найрадикальніші заходи боротьби із захороненням будівельних відходів вжиті у Фландрії (Бельгія). У цьому регіоні впроваджено прямі заборони захоронення на звалищах

фракцій будівельних відходів, які можуть бути перероблені. Такий підхід обумовлений високою щільністю населення, що створює дефіцит вільних ділянок для полігонів. Заборона захоронення спонукає до максимального використання відходів у вторинному виробництві.

Сучасний підхід до утилізації будівельних відходів повинні ґрунтуватись на застосуванні інноваційних технологій, які забезпечують ефективність, пожежну, екологічну безпеку та можливість вторинного використання матеріалів. Важливою складовою є розвиток нормативної бази та стимулювання бізнесу до інвестування в «зелені» технології, що сприяють зменшенню навантаження на полігони та збереженню природних ресурсів. Це дозволить не лише мінімізувати шкоду для довкілля, а й створити економічно вигідні умови для повторного використання перероблених матеріалів у будівництві, що, своєю чергою, сприятиме сталому розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Питання екологічної безпеки в містобудуванні: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів : студент. й шкіл. секція», Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 143–144.

2. Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Шляхи досягнення екологічної безпеки в будівництві та архітектурі. Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції (Міжнародна наукова конференція EAS) «Безпека людини у сучасних умовах» (Харків, НТУ «ХПІ», 2023 р.). С. 138–139.

3. Полупан В.А., Рашкевич Н.В. Ризики, що постали перед регіонами у сфері поводження з відходами: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів: студент. й шкіл. секція», Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. С. 79–80.

4. Кирпиленко О.О., Рашкевич Н.В. Проблемні питання отримання вторинної сировини з твердих побутових відходів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 196.

5. Шершньов В.О., Рашкевич Н.В. Аналіз способів зниження пожежної небезпеки об’єктів захоронення твердих побутових відходів. Збірник тез доповідей: випуск 63 (м. Тернопіль, 11 листопада 2021 р.). Тернопіль. 2021. С. 122–123.

6. Пастухова А.О., Рашкевич Н.В. Питання забезпечення пожежної безпеки на території полігону побутових відходів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2022 р. С. 76.

УДК 504.064

ВРАХУВАННЯ МЕТЕОУМОВ ПРИ РОЗРАХУНКУ ЗАБРУДНЕННЯ ДОЩОВОЇ ВОДИ

***Проскурнін О.А.*[1]**, *д.т.н, с.н.с.,*
***Юрченко В.О.*[2]**, *д.т.н, професор,*
***Цапко Н.С.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Мельник С.В.*[2]**,
***Дем'янова О.О.*[3]**
[1]*НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,*
[2]*Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова,*
[3]*Фізична особа-підприємець, м. Херсон*

У сучасному світі одним із суттєвих джерел забруднення водних об'єктів (ВО) є дощові стічні води [1]. При плануванні водоохоронних заходів вплив дощового стоку оцінюється через лабораторні заміри складу дощових стічних вод перед потраплянням до ВО, та через розрахунок їх обсягу згідно діючих методик. Але деякі екологічні задачі потребують більш точного розрахунку забруднення.

Коли розглядається одне джерело забруднення повітря постійної міцності та відсутність фонової забрудненості, підзадачами даної задачі є: розрахунок поля концентрації речовин у повітрі; визначення концентрації речовини у дощовій воді перед потраплянням на поверхню землі; врахування метеоумов. Перші дві задачі були розглянуті у роботі [2]. Згідно результатів дослідження, при постійних значеннях швидкості вітру v та куту φ відносно задовільно відібраної напрямку, де вважається, що φ=0, з майданчика площею S з коефіцієнтом стоку ψ за час T до ВО надійде наступна маса речовини:

$$W = \psi \cdot T \cdot \int_S q(x, y) ds \,, \tag{1}$$

де $q(x, y)$ – функція просторового розподілу забруднюючої речовини, яка потрапила на поверхню ґрунту з дощовою водою, мг/м^2.

Порядок її побудови описаний у роботі [2]. Функція q включає параметри v та φ, які є випадковими величинами. Тому величина W також буде випадковою. При наявності функції її розподілу F_W можливо оцінити найгірші метеорологічні умови з точки зору забрудненості поверхневих вод через забрудненість атмосферних опадів. А саме, оцінити значення квантілі заданого порядку, тобто масу $W_{\max}$, імовірність перевищення якої є на рівні критичної величини α..

З достатньою для екологічних задач точністю інформаційною підставою розв'язання такої задачі може бути ДСТУ-Н Б В1.1.-27.2010 «Будівельна кліматологія». Для кожного регіону України у цьому документі міститься інформація про повторюваність напрямків вітру та про середню швидкість вітру по місяцях. Перше дозволяє побутувати емпіричну функцію розподілу кута F_φ. (Попередньо ввівши до розгляду відповідну шкалу. Наприклад, φ=0 – північній вітер, φ=45 – північно-східний і т.д.) А інформація про середні швидкості вітру по місяцях дозволяють побутувати емпіричну функцію розподілу швидкості вітру F_v.

Для побудові функції розподілу F_W доцільно використовувати метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло) [3], якій базується на наступній закономірності. Якщо розглядається деяка випадкова величина a з задовільним розподілом, то її функцію розподілу F_a також можливо розглядати як випадкову величину. Тоді, незалежно від

закону розподілу вихідної величини a, випадкова величина F_a розподілена рівномірно на відрізку від 0 до 1 включно. Це означає, що можливі значення величини a можуть знаходитися з наступного рівняння:

$$\int_{a_{\min}}^{a} f(a)da = F(a) = w, \qquad (2)$$

де $a_{\min}$ – нижня границя області визначення величини a; $f(a)$ – щільність імовірнісного розподілу; $w \in [0, 1]$ – рівномірно розподілена випадкова величина.

Рівняння (2) кожній випадковій величині $w \in [0, 1]$ ставить в однозначну відповідність реалізацію величини a, яка розподілена за заданим законом $F(a)$. Це дозволяє моделювати можливі значення випадкової величини a шляхом генерування за допомогою генератора випадкових чисел величини w.

Остаточно алгоритм знаходження величини $W_{\max}$ наступний:

1. За метеорологічними даними будуються емпіричні функції розподілу F_v та F_φ.

2. За допомогою генератора випадкових чисел генерується велика кількість разів рівномірно розподілена величина $w_i \in [0, 1]$, $i=1 \div N$.

3. Для кожної величини w_i за допомогою емпіричних функцій F_v та F_φ знаходяться відповідні значення швидкості та напрямку вітру v_i та φ_i.

4. Для величин v_i та φ_i розраховується маса речонини, яка потрапила до ВО внаслідок забруднення атмосферного повітря W_i.

5. Отримана вибірка $\{W_i\}^N$ розкладається у варіаційний ряд $\{W_i'\}^N$. Критичне забруднення водного об'єкту W_{max} буде дорівнювати $W'_{N\cdot(1-\alpha)}$.

Висновок. Метод Монте-Карло дозволяє знаходити величину максимальної забрудненості поверхневої води внаслідок опадів, яка обумовлена найбільш несприятливими метеорологічними умовами. Отримані наукові результати дозволяють більш точно підготовлювати вихідні данні для розробки водоохороних заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Водний кодекс України.

2. Юрченко В.О., Проскурнін О.А., Цапко Н.С., Мельник С.В. Вплив газових викидів на стан водних об'єктів через забруднення атмосферних опадів нітрогенвмісними речовинами. Матеріали VII Міжнародного конгресу «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», м. Львів, 16–18 жовтня 2024 р.

3. Benov, D.M. (2016). The Manhattan Project, the first electronic computer and the Monte Carlo method. Monte Carlo Methods and Applications. 22 (1). 73–79. https://doi.org/10.1515/mcma-2016-0102

УДК 621.311.2: 628.5: 620.9

АНАЛІЗ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ: ЗАГРОЗИ, РИЗИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ЗМЕНШЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА СУСПІЛЬСТВО

Різник М.А.,
Ножко І.О., *к.пед.н.*
Національний університет цивільного захисту України.

Сонячні електростанції (СЕС) є одним з найбільш екологічно чистих джерел енергії, оскільки вони не використовують паливо та не виділяють в атмосферу шкідливі речовини. Однак, такі електростанції мають свої технічні та екологічні проблеми, пов'язані з техногенною безпекою [5].

Основні загрози безпеці сонячних електростанцій полягають в невідповідній експлуатації та відсутності контролю над процесами їх роботи. Також, неправильне розташування СЕС може призвести до забруднення довкілля, наприклад, випадкового проливу нафти чи хімічних речовин з промислових площадок, які знаходяться поруч з електростанцією.

Ризики безпеки також можуть виникнути внаслідок пожеж, які можуть виникнути через несправність обладнання СЕС, недостатню технічну підтримку, або ж через злочинну діяльність [1].

Один з важливих аспектів безпеки сонячних електростанцій - це використання певних хімічних речовин під час виробництва фотоелектричних панелей, зокрема ртуті та кадмію. Ці речовини можуть мати негативний вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище, якщо їх використовують неконтрольовано. Однак існують технології, що дозволяють зменшити використання цих речовин або взагалі замінити їх на безпечніші альтернативи. Крім того, однією з загроз безпеці сонячних електростанцій є ризик виникнення пожеж. Оскільки фотоелектричні панелі часто встановлюються на відкритих майданчиках, вони можуть стати легкою мішенню для блискавки або інших небезпечних ситуацій. Щоб зменшити ризик пожежі, необхідно правильно встановлювати панелі та забезпечувати їх регулярну перевірку та обслуговування [4].

Окрім того, що СЕС можуть впливати на довкілля, їх вплив на людину може бути негативним через електромагнітні випромінювання та пожежну безпеку. Ці проблеми потребують детального аналізу та моніторингу, щоб забезпечити безпеку населення та довкілля [2].

Для зменшення ризиків техногенної безпеки СЕС необхідно вживати заходів щодо їхньої технічної підтримки та регулярного моніторингу. Також, важливим є дотримання правил безпеки при будівництві та експлуатації СЕС. Для зменшення впливу на довкілля можна використовувати спеціальні технології, такі як зелені дахи, забезпечення дренажу з місцевої території та ретенційних басейнів для збору дощової води. Це може зменшити ризик забруднення довкілля та захистити водні ресурси від надмірної концентрації солярних панелей [3].

Щодо впливу на здоров'я людини, слід забезпечувати здоров'я та безпеку робітників, які працюють на СЕС, в тому числі забезпечуючи їм необхідне захисне обладнання та проводячи регулярні перевірки на наявність впливу на їхнє здоров'я. Також, для зменшення впливу електромагнітних випромінювань на здоров'я людини можна встановлювати захисні екрани навколо СЕС [3].

Для зменшення ризиків пожежі можна встановлювати додаткові системи контролю та вимикання обладнання у разі виявлення підвищення температури або інших

небезпечних відхилень. Також, важливим є регулярна перевірка та технічний огляд обладнання СЕС.

Отже, для забезпечення техногенної безпеки сонячних електростанцій необхідно поєднувати технічні заходи з правильним розташуванням та експлуатацією СЕС. Такий підхід дозволить забезпечити безпеку людини та довкілля, а також зберегти ресурси енергії та підтримати сталий розвиток економіки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнєцова О.О., Сілін В.П. Аналіз техногенної безпеки сонячних електростанцій. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 2020. № 97(3). С. 80–88.

2. Туркевич О.В., Богданова М.В. Технічні та екологічні аспекти розміщення сонячних електростанцій в Україні. Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, 2020. № 60. С. 98–103.

3. Потапова І.В., Сосновський А. Ю. Моделювання техногенної безпеки сонячних електростанцій. Екологічна безпека та збалансоване природокористування, 2021. № 4(1). С. 54–60.

4. Андрющенко Г.В., Смолянинова М.І. Технічний аналіз безпеки сонячних електростанцій. Системні дослідження та інформаційні технології, 2020. № 2. С. 83–90.

5. Бондарчук А.А., Холодов А.Ю. Визначення екологічної безпеки сонячних електростанцій. Екологічна безпека та збалансоване природокористування, 2021. № 4(2). С. 69–77.

УДК 504.5

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ В РЕЗЕРВУАРАХ

Сєрікова О.М., *к.т.н., доцент,*
Голота В.В.,
Дереза О.С.
Національний університет цивільного захисту України

Транспортування нафтопродуктів охоплює комплекс логістичних, технічних і регуляторних заходів, спрямованих на забезпечення стабільного постачання сировини та готової продукції до місць споживання. Особливістю цього процесу є необхідність контролю фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів, які можуть змінюватися під впливом температури, тиску та механічного впливу під час перевезення. Для збереження якісних характеристик необхідно використовувати відповідні ємності, що забезпечують герметичність і захист від контакту з повітрям або вологою. Значний вплив на вибір способу транспортування мають як відстань перевезення, так і умови експлуатації транспортних засобів, що обумовлює необхідність застосування спеціалізованих нормативів безпеки. Ризики, пов'язані з перевезенням, зумовлюють потребу у використанні сучасних систем моніторингу та оперативного реагування на потенційні загрози. Крім того, регламенти міжнародних і національних стандартів вимагають обов'язкового маркування небезпечних речовин, що полегшує контроль під час транспортування [1-3].

Окрім специфічних заходів безпеки для кожного виду транспорту, існують загальні міжнародні та національні вимоги, що регулюють перевезення нафтопродуктів. Дотримання цих регламентів є обов'язковим для всіх учасників логістичного процесу. Основними принципами забезпечення безпеки під час транспортування нафтопродуктів є: уніфікація маркування небезпечних вантажів відповідно до міжнародних стандартів ADR, IMO та IATA, контроль рівня тиску та температури у транспортних ємностях, забезпечення спеціального навчання персоналу, який працює з нафтопродуктами, використання автоматизованих систем контролю та виявлення витоків.

Застосування сучасних цифрових технологій відіграє важливу роль у підвищенні безпеки транспортування нафтопродуктів. Усі сучасні транспортні засоби, що використовуються для перевезення небезпечних речовин, обладнуються системами GPS-моніторингу, які дозволяють відстежувати маршрути руху та оперативно реагувати на нештатні ситуації. Важливим аспектом є також використання датчиків виявлення витоків, які фіксують навіть незначні зміни концентрації парів нафтопродуктів у повітрі. Автоматичні системи блокування аварійних клапанів дають змогу зменшити обсяг можливих втрат у разі пошкодження резервуарів під час транспортування [4-5].

Комплексний підхід до забезпечення безпеки транспортування нафтопродуктів передбачає не лише дотримання технічних регламентів, а й впровадження інноваційних рішень у сфері логістики та моніторингу. Поєднання механічних засобів захисту, цифрових технологій і кваліфікованого персоналу дозволяє зменшити ймовірність аварійних ситуацій та мінімізувати потенційні наслідки розливів. В умовах сучасних екологічних викликів безпека транспортування нафтопродуктів стає одним із ключових аспектів стійкості енергетичного сектору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Sierikova, O., Koloskov, V., Degtyarev, K., Strelnikova, E. (2022). Improving the Mechanical Properties of Liquid Hydrocarbon Storage Tank Materials. Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland. 1068. 223–229. DOI:10.4028/p-888232

2. Sierikova, O. (2023). Prevention of Environmental Hazards of Poisonous and Flammable Liquid Storage Tanks Under Seismic Loads. Scientific journal "Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University". 5. (142). 42–48. DOI https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.5.5

3. Sierikova, E., Holota, V. (2025). New approaches to improve the environmental safety level of petroleum products storage and transportation in tanks. Proc. book of 4. International Paris Congress on Applied Sciences (February 5-9, 2025 – Paris, France). 51–52.

4. Sierikova, E., Holota, V. (2024). Problems of Petroleum Products Transportation in Tanks. Abstract book of 6.International Anatolian Scientific Research Congress (November 08-10, 2024, Konya, Türkiye). 376.

5. Сєрікова О.М., Голота В.В. Екологічна небезпека зберігання та транспортування нафтопродуктів. The 2nd International scientific and practical conference “Scientific research: modern challenges and future prospects” (September 23-25, 2024, Munich, Germany). С. 148–151.

УДК 536.24

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО РУЙНУВАННЯ СКЛА ВІКОН ПІД ВПЛИВОМ ВИБУХОВОЇ ХВИЛІ

Скоб Ю.О., *д.т.н, професор,*
Халтурін В.О., *к.ф.-м.н., доцент,*
Звягін А.Д.
Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

Метою роботи є дослідження витривалості скляного покриття вікон будинку для персоналу станції заправлення воднем транспорту, де має місце аварійний вибух газу внаслідок відмови посудин високого тису для зберігання палива (рис. 1). Два вікна завширшки 7 м і заввишки 3,4 м розташовані на першому (вікно W1) і на другому (W2) поверхах з того боку будинку, який зазнає впливу вибухової хвилі. Для пом'якшення наслідків аварії розглядається встановлення захисної стіни між епіцентром вибуху й будівлею.

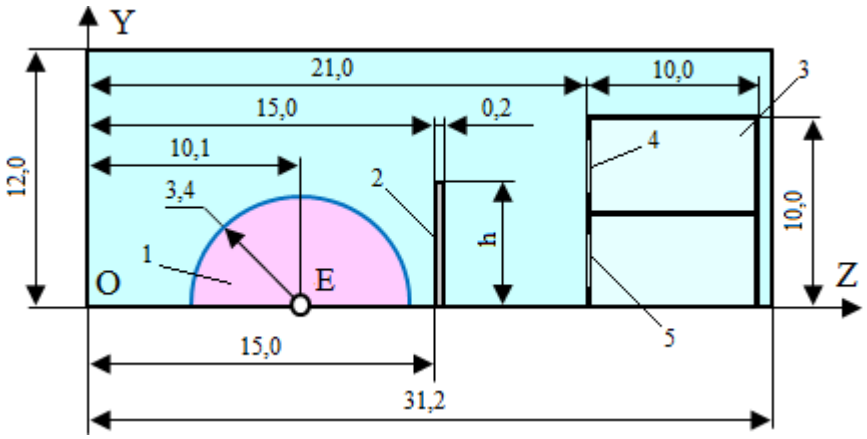


Рис. 1. Схема об'єктів: 1 – хмара водню; 2 – захисна стіна; 3 – будинок; 4 і 5 – вікна другого і першого поверху.

Симуляція поширення вибухової хвилі проводилася за допомогою математичної моделі вибуху газоповітряної хмари [1]. Для отримання розподілу максимального надлишкового тиску на поверхні скла вікон і подальшого аналізу витривалості обраного скляного покриття, було проведено дві серії обчислювальних експериментів: V1 для випадку швидкого руйнування скла й проникнення хвилі тиску в приміщення будинку з негативними наслідками для персоналу (рис. 2); V2, коли скло витримало тиск і відбило хвилю. Для кожного випадку обчислювалася серія Vx.0–Vx.3 для різної висоти стіни h = {0,0; 1.2; 2.2; 3.2} [м].

Отриманий тиск на поверхні вікна у варіанті V2 (рис. 3) можна порівняти з тиском, під дією якого скло різного типу тріскається: 1–2 кПа (звичайне), 5–10 кПа (армоване), 10–20 кПа (ламіноване), 50–100 кПа (броньоване). Повне руйнування настане за такого тиску: 3–5 кПа (звичайне скло), 30+ кПа (армоване),. 50+ кПа (загартоване), 60+ кПа (ламіноване), 300–500 кПа (броньоване).

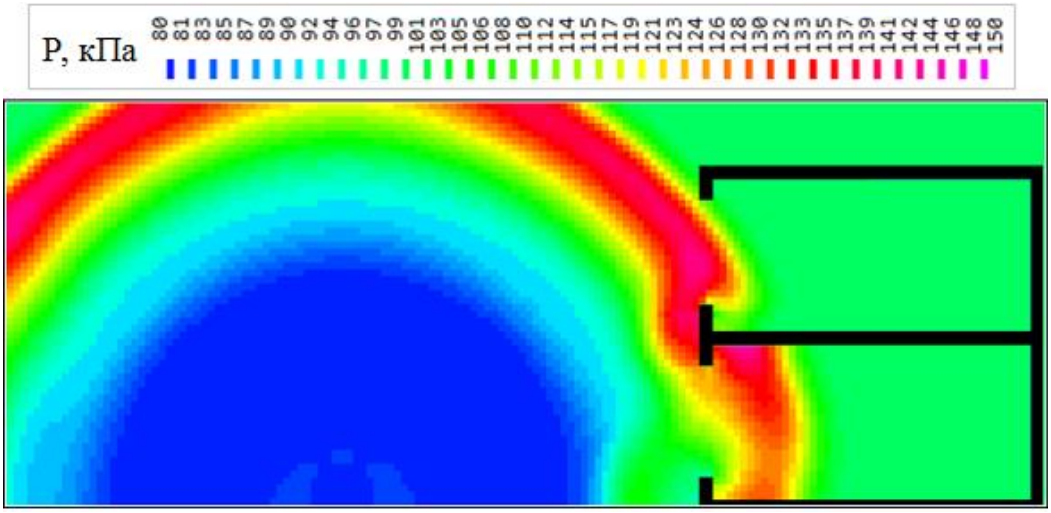


Рис. 2. Поширення вибухової хвилі у випадку руйнування скла вікон.

Очевидно, що тільки броньоване скло не тріскається за відсутності захисту. Стіна у варіанті V2.3 краще захищає вікно W1 першого поверху, але все одно і його скло буде зруйновано за умов використання звичайного або армованого типу (рис. 3).

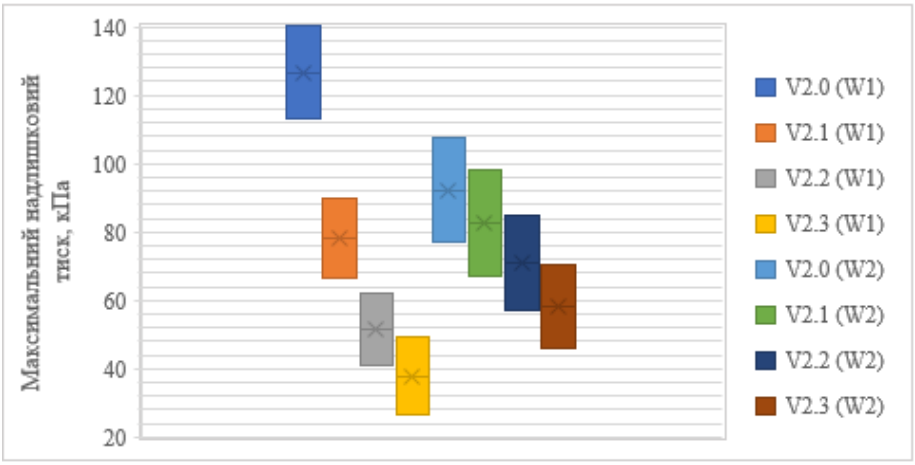


Рис. 3. Діапазони максимального надлишкового тиску на вікнах W1 і W2.

Представлену методологію аналізу стану міцності скла вікон під впливом вибухової хвилі тиску можна рекомендувати для вибору типу скла на етапі проектування будинку небезпечного техногенного об’єкту.

ЛІТЕРАТУРА

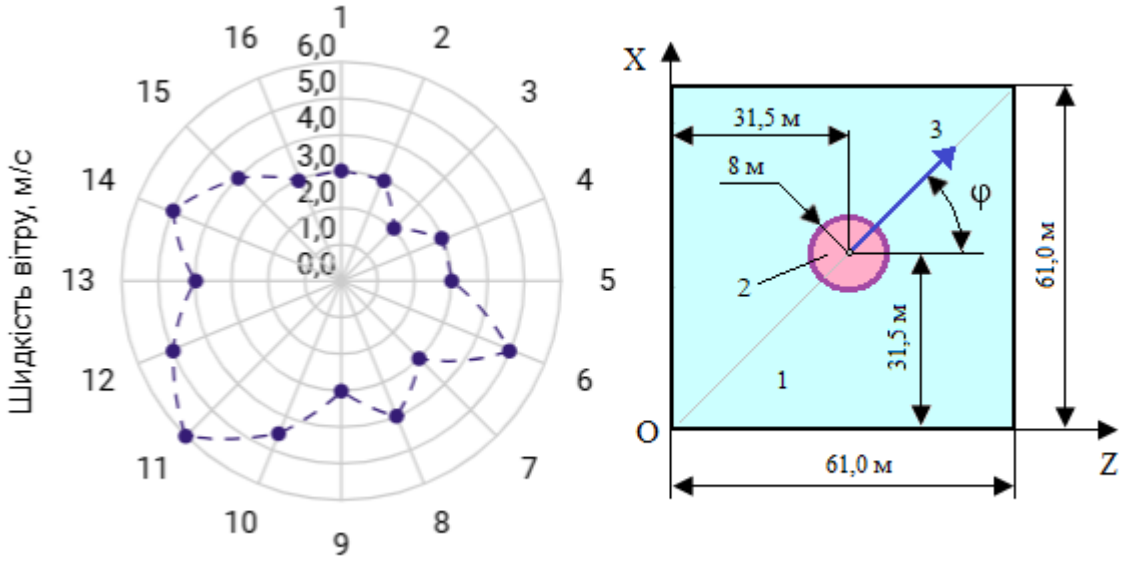
1. Skob, Y., Yakovlev, S., Pichugina, O., Kalinichenko, M., Korobchynskyi, K. (2023). Mathematical Modelling of Gas Admixtures Release. Dispersion and Explosion in Open Atmosphere CEUR Workshop Proceedings. 3641. 168–181.

УДК 536.24

ЧИСЕЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ЗОНИ ВНАСЛІДОК АВАРІЙНОГО ПРОЛИТТЯ ТОКСИЧНОЇ РІДИНИ

Скоб Ю.О., *д.т.н, професор,*
Халтурін В.О., *к.ф.-м.н., доцент,*
Пономаренко С.А.
Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

Метою роботи є чисельне визначення площі області, небезпечної для здоров'я людини, яка знаходиться неподалік від епіцентру ймовірного аварійного пролиття токсичної речовини (розглядався зріджений ціаністий водень). Рідина випаровується з поверхні плями, потрапляє в атмосферу у вигляді токсичного газу, утворює газоповітряну суміш, яка рухається за вітром, що є одним із варіантів характерної для даної місцевості троянди вітрів (рис. 1 а). Пляма пролиття в чисельному експерименті мала форму кола (рис. 1 б), центр якого був розташований посередині майданчику. Вектор поточного вітру складав кут φ з повздовжньою віссю OZ області.



а *б*

Рис. 1. Розрахункова схема: а) троянда вітрів у епіцентрі можливої аварії; б) мапа об'єктів (1 – промисловий майданчик; 2 – пляма пролиття рідини; 3 – вектор швидкості вітру).

Площа тієї області, де ймовірність летального ураження людини інгаляційною токсичною дозою буде перевищувати 50 % і буде результатом дослідження. Симуляція випаровування рідини і поширення токсичної домішки під впливом поточного вітру у приземному шарі атмосфери проводилася за допомогою математичної моделі руху газоповітряної суміші [1]. Модель дозволяє отримати розподіл ймовірності ураження людини для заданого вітру з троянди. Вважалося, що випаровування завершувалося після 2 с від початку аварії. З метою отримання сумарного розподілу ймовірності ураження і подальшого обчислення площі небезпечної зони, було проведено серію обчислювальних експериментів V1–V16 для кожного вітру з троянди. Результуюче поле умовної ймовірності летальних наслідків було отримано складанням окремих полів з усіх варіантів обчислювального експерименту (рис. 3).

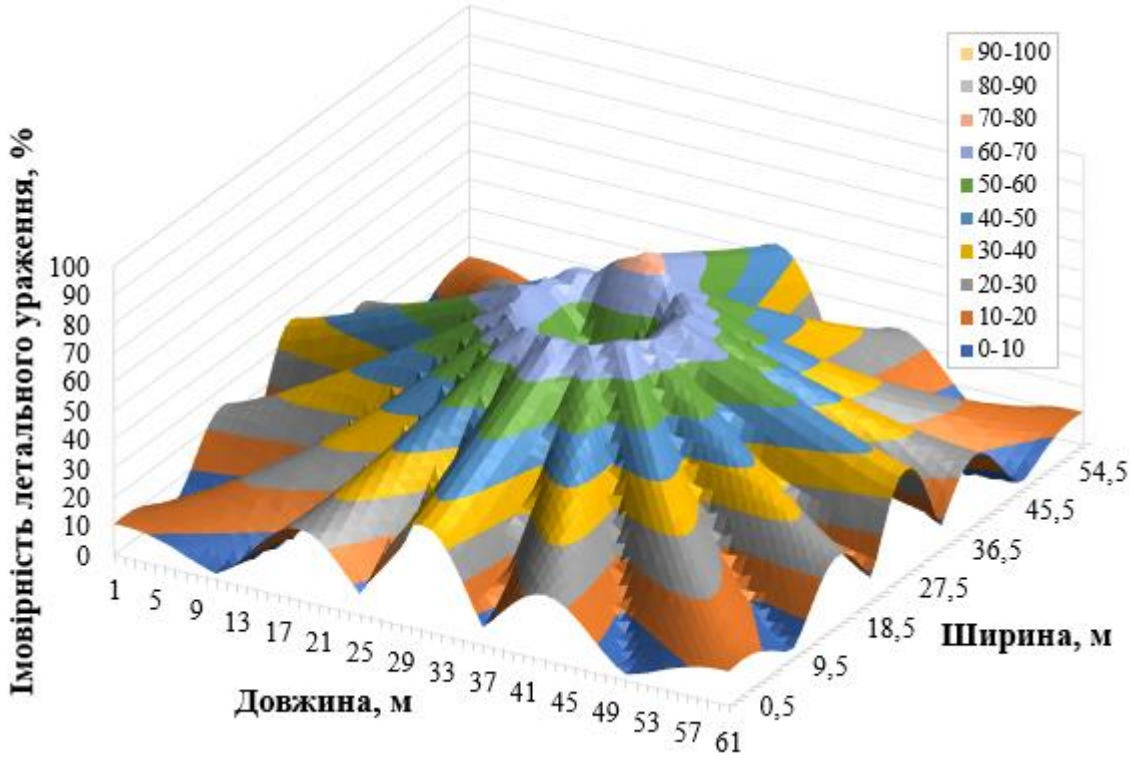


Рис. 2. Сумарне поле ймовірності летальних наслідків людини в зоні аварії.

З отриманих результатів очевидно, що швидкість вітру впливає на масштаб наслідків аварії. З одного боку, чим вище швидкість вітру, тим більше інтенсивність випаровування отруйної рідини, а значить і більший обсяг токсичної домішки потрапляє в атмосферу, і на більший простір розсіюється отруйний газ, створюючи інгаляційну токсичну дозу. З іншого боку, зі зменшенням швидкості вітру збільшується час інгаляції отруйного повітря і, тим самим, токсична доза та ймовірність ураження людини.

Запропонована методологія комп'ютерного моніторингу розповсюдження токсичної домішки у приземному шарі атмосфери дозволила визначити площу небезпечної області для людини в зоні аварії. Для досліджуваного випадку троянди вітрів вона склала 758 м^2.

ЛІТЕРАТУРА

1. Skob, Y., Yakovlev, S., Pichugina, O., Kalinichenko, M., Korobchynskyi, K. (2023). Numerical Evaluation of Wind Speed Influence on Accident Toxic Spill Consequences Scales. Environmental and Climate Technologies. 27. 1. 450–463.

УДК 331.45

ПЕРЕЛІК КРИТЕРІЇ, ЗА ЯКИМИ ОЦІНЮЄТЬСЯ СТУПІНЬ РИЗИКУ ВІД ПРОВАДЖЕННЯ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Слівна Д.Ю.
Букатенко Н.О., *к.т.н., доцент*
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Методика розроблення критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність проведення планових заходів державного нагляду (контролю), має передбачати, у тому числі, оцінку ступеня небезпеки, масштабу, виду та сфери діяльності, наявність порушень у попередній діяльності суб'єктів господарювання (крім новостворених).

Орган державного нагляду (контролю) визначає у віднесеній до його відання сфері критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності.

З урахуванням значення прийнятного ризику всі суб'єкти господарювання, що підлягають нагляду (контролю), належать до одного з трьох ступенів ризику: високий, середній або незначний [1].

Критеріями, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності, є:

1) у сферах охорони праці, промислової безпеки, гігієни праці, поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, праці, зайнятості населення, зайнятості та працевлаштування осіб з інвалідністю:

– наявність у суб'єкта господарювання об'єктів підвищеної небезпеки, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, що не виведені з експлуатації в установленому порядку, протягом останніх п'яти років, що передують плановому періоду;

– здійснення суб'єктом господарювання експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, виконання робіт підвищеної небезпеки протягом останніх п'яти років, що передують плановому періоду;

– виконання суб'єктом господарювання робіт підвищеної небезпеки протягом останніх п'яти років, що передують плановому періоду;

– невиконання суб'єктом господарювання зауважень, які було надано під час проведення аудиту охорони праці та/або усунення порушень, що були виявлені під час заходу державного нагляду (контролю) суб'єкта господарювання протягом останніх п'яти років, що передують плановому періоду;

– використання у діяльності суб'єкта господарювання шкідливих речовини III або IV класу небезпеки протягом останніх п'яти років, що передують плановому періоду;

– порушення суб'єктом господарювання вимог законодавства про працю;

– використання праці неповнолітніх осіб;

– наявність заборгованості з виплати заробітної плати або порушення строків її виплати;

– виплата працівникам заробітної плати на рівні або нижче встановленого законодавством розміру мінімальної заробітної плати;

– невідповідність кількості найманих працівників суб'єкта господарювання обсягам виробництва (виконаних робіт, наданих послуг) до середніх показників за відповідним видом економічної діяльності;

– наявність розбіжностей між фактичними показниками чисельності працівників і заробітної плати за показниками звітності, поданої суб'єктом господарювання органам державної влади;

– порушення суб’єктом господарювання вимог законодавства про зайнятість населення;

– застосування праці іноземців або осіб без громадянства та осіб, стосовно яких прийнято рішення про оформлення документів для вирішення питання щодо надання статусу біженця, протягом останніх двох років, що передують плановому періоду;

– порушення суб’єктом господарювання вимог законодавства про зайнятість та працевлаштування осіб з інвалідністю;

– одержання суб’єктом господарювання державної допомоги у вигляді пільг з оподаткування, поворотної та безповоротної фінансової допомоги, цільової позики, дотації за рахунок сум адміністративно-господарських санкцій та пені, що надходять до державного бюджету за невиконання нормативу робочих місць для працевлаштування осіб з інвалідністю;

– порушення вимог законодавства у сфері діяльності, пов’язаної з об’єктами підвищеної небезпеки, вимог законодавства з питань гігієни праці, застосування машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, виявлені за результатами заходів державного нагляду (контролю), проведених протягом останніх п’яти років, що передують плановому періоду;

– порушення вимог законодавства у сфері охорони праці, промислової безпеки, поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, виявлені за результатами заходів державного нагляду (контролю), проведених протягом останніх п’яти років, що передують плановому періоду;

– порушення вимог законодавства з охорони праці щодо розслідування нещасного випадку, виявлені за результатами заходів державного нагляду (контролю), проведених протягом останніх п’яти років, що передують плановому періоду;

– настання нещасних випадків, наявність випадків гострого або хронічного професійного захворювання у працівника, особи суб’єкта господарювання протягом останніх п’яти років, що передують плановому періоду [2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності». Документ 877-V, чинний, поточна редакція – Редакція від 09.02.2025, підстава - 4213-IX.

2. Критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність проведення планових заходів державного нагляду (контролю) за додержанням законодавства у сферах охорони праці, промислової безпеки, гігієни праці, поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, праці, зайнятості населення, зайнятості та працевлаштування осіб з інвалідністю, здійснення державного гірничого нагляду Державною службою з питань праці. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 20 травня 2020 р. № 383. Документ 383-2020-п, чинний, поточна редакція. Редакція від 02.10.2021, підстава - 991-2021-п.

УДК 623.463/457.6:662.151.

РОЗБИРАННЯ ГРАНАТОМЕТНИХ ПОСТРІЛІВ ПГ-9В, ЯК ЗАПОРУКА ЗАПОБІГАННЮ НЕСАНКЦІОНОВАНИХ ВИБУХІВ

Смирнов О.М.
Національний університет цивільного захисту України

В Україні на арсеналах зберігаються 73-мм гранатометні постріли індексу ПГ-9В до СПГ-9М з закінченим ГТЗ, що потребують негайної утилізації.

В наш час утилізація гранатометних пострілів передбачає їх знищення способом підриву. Цей спосіб небезпечних, сприяє забрудненню навколишнього середовища.

Активно-реактивний 73-мм гранатометний постріл ПГ-9В (7П2), складає-ться із *трьох основних частин*: бойової частини (гранати) кумулятивної дії ПГ-9 (7Г7), реактивного двигуна ПГ-9Д і стартового порохового заряду ПГ-9П (рис. 1).



Рис. 1. 73-мм постріл ПГ-9В (7П2) вагою 4,385 кг із ПГ-9 (7Г7): 1 – ковпачок з тасьмою; 2 – головна частина ВП-9М=0,052 кг (п'єзоелемент); 3 – обтічник; 4 – струмопровідний конус; 5 – ізолююче кільце; 6 – про-відник; 7 – воронка мідна (М1=0,055 кг); 8 – контактна трубка; 9 – А-IX-1=0,322 кг; 10 – корпус; 11, 12, 14, 15 – прокладка, гайка; 13 – донна частина ВП-9=0,148 кг (МСз=3,6–6 с, зведення 3–20 м); 16 – кільце; 17 – ПГ-9Д у зборі – 1,558 кг, маршовий пороховий заряд Б28 (НДСИ-2К=0,46 кг + ДРП-1 = 0,005 кг); 58 – піросповільнювач ВПЗ-9М=0,035 кг ($t_{гор.}$=0,08–0,11 с); 19 – труба; 20 – герметизатор; 21 – сопловий блок; 23 – 6-ти пір'яний стабілі-затор; 54 – два трасера № 3А=0,045 кг; 25 – хрестовина стабілізатора; 34, 35, 36 – ПГ-9П у зборі 1,77 кг, у картузі – Перкаль «Б»=0,046 кг стартовий стрічковий порох БН27 (НБЛ-60=0,737 кг + ДРП-1=0,058 кг); 18 – пиж із пінопласту; 20 – запобіжник; 21 – цоколь; 39 – два МБ-2Н по 0,058 кг.

Роботи з утилізації ПГ-9В доцільно виконувати потоковим способом за допомогою спецобладнання та справного інструменту.

Пропоную конкретну технологію розбирання 73-мм пострілів ПГ-9В (7П2) на елементи. ПГ-9В особливо недоцільно утилізувати методом підриву.

Розбирання ПГ-9В представляє собою процес послідовного виконання *операцій*: **№ 1** Подача ящиків з ПГ-9В (7П2) зі сховища в приміщення обігріву цеху; **№ 2** Видалення пострілів ПГ-9В та пеналів зі стартовими зарядами з ящика; **№ 3** Вилучення гранати ПГ-9В з поліетилену, зняти запобіжний ковпачок з п'є-зогенератора ВП-9. Закріпити постріл ПГ-9В у пристосуванні, відкрутити ВП-9; **№ 4** Закріпити постріл ПГ-9В у пристосуванні, розгвинчування ГЧ (ПГ-9Г) і РЧ (ПГ-9Д); **№ 5** Закріпити гранату ПГ-9Г у пристосуванні та відкрутити підтискне кільце. Вилучення донної частини ВП-9; **№ 6** Закріпити гранату ПГ-9Г у присто-суванні. Розгвинчування обтічника та корпусу. Вилучення контактного конуса, ізолятора та обтічника; **№ 7** Установка корпусів гранат у пароводяну ванну, нагрів до 65–75 °С (15–20 хв.); **№ 8** Розбирання гранати ПГ-9Г на елементи: збір вибухової речовини (А-IX-1), мідних воронок, вкладишів, трубок, лінз, втулок та прокладок; **№ 9** Контроль гранати ПГ-9Г на повноту видалення ВР. При необхід-ності очистка гранати ПГ-9Г від залишків ВР; **№ 10** Закріпити ракетний двигун ПГ-9Д у пристосуванні. Вигвинчування дна. Вилучення із РЧ ВПЗ-9(М); **№ 11** Розряджання ракетного двигуна ПГ-9Д: зняття фіксатора та розгвинчування со-плового блоку; вилучення порохового заряду марки НДСИ-2К, труби, шайби, фіксатора, діафрагми, упора, компенсатора, прокладок; **№ 12** Закріпити стабіліза-тор у пристосуванні, вилучити: трасерні гайки, прокладки та два Тр № 3А; **№ 13** Розряджання СД ПГ-9П: вилучення СД із пеналу; вилучення у картузі порохового заряду марки НБЛ-60; вузол форсування; перехідник; діафрагму та ДРП-1 із кор-пусу стабілізатора; **№ 14** Пакування: вибухової речовини; порохових зарядів; донної частини підривників ВП-9; ВПЗ-9(М), МБ-2Н та Тр № 3А у пристосовані ящики; **№ 15** Пакування елементів гранатометного пострілу ПГ-9В у ящики. **№ 16** Видача закупорювання з елементами гранат із цеху до місця зберігання.

Усього застосовується лаборантів цеху – 12 чол.

Операції, де лаборанти працюють з вибуховою речовиною у відкритому вигляді – є особливо шкідливими і небезпечними. Усі інші операції згідно процесу небезпечні.

Залишати в кінці робочого дня елементи гранат у пристосованій укупорці на пункті видачі.

Висновки. Під час розбирання ПГ-9В, які зберігаються на арсеналах, базах і складах із закінченим ГТЗ повинні бути, досягнуті наступні цілі: скоро-тити витрати на зберігання ПГ-9В; забезпечити максимальну безпеку, екологічну чистоту та економічну ефективність під час розбирання; зберегти висококвалі-фіковані кадри і виробничі потужності з розбирання гранатометних пострілів в умовах різкого скорочення фінансування Міноборони України на утилізацію боєприпасів; економічна ефективність запропонованої технології може бути дове-дена після моніторингу вартості матеріалів вторинної сировини (металобрухту, ВР тощо) на ринках вторинної сировини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Креслення на ПГ-9В.

2. Смирнов О.М., Барбашин В.В., Толкунов І.О. Утилізація та знищення вибухонебезпечних предметів: навч. посіб. Том 3. Організація утилізації та знищення ракет і боєприпасів на арсеналах, базах та складах. Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2018 р. 416 с.

УДК 502:504.064.2

РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТИ «ЮНКОМ» ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Солодовнікова Л.М.*[1]**, *к.т.н.,*
***Гриценко А.В.*[2]**, *д.геогр.н., професор,*
***Маркіна Н.К.*[2]**,
***Яковлєв Є.О.*[3]**, *д.т.н., с.н.с.,*
***Чумаченко С.М.*[4]**, *д.т.н., с.н.с.*
[1]*Державна наукова установа «Науково-технологічний комплекс «Інститут монокристалів» НАН України,*
[2]*Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»,*
[3]*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,*
[4]*Державний науково-дослідний інститут авіації Міністерства оборони України*

Неконтрольоване (стихійне) затоплення шахт на окупованій вуглепромисловій території Донбасу призвело до розвитку процесів підтоплення і затоплення територій, до відсутності контролю радіаційного забруднення високомінералізованих токсичних шахтних вод, які поступають до ґрунтового водоносного горизонту і місцевих джерел питного водопостачання на окупованій та підконтрольній території України. Слід зазначити, що в зоні бойових дій і на окупованих територіях практично відсутня можливість здійснення державного нагляду у сфері охорони навколишнього природного середовища та можливість проведення оцінки екологічних наслідків затоплення шахт, в т.ч. осідання земної поверхні, витоків пожежо-вибухонебезпечних газів, затоплення підземних небезпечних об'єктів. Особливий вклад в небезпеку регіону займає шахта «Юний комунар» («Юнком»). Геологічні умови в районі розташування шахти відрізняються інтенсивним тектонічними порушеннями гірських порід, густою мережею локальних деформацій вугільних пластів і вміщуючих порід. На горизонті 823 м до 42 % відпрацьованих вугільних пластів знаходяться в зонах геологічних розломів. Враховуючи це, для зниження частоти раптових викидів вугілля і газу в процесі розробки вугільних пластів, в 1979 році на глибині 903 м був здійснений контрольований підземний ядерний вибух з тротиловим енергетичним еквівалентом 200–300 тон (0,2–0,3 кт). В результаті цього вибуху утворилася підземна склоподібна капсула вагою до 100 т з залишками радіоактивних продуктів ядерного вибуху та шахтної породи. Понад 95 % радіоактивних продуктів вибуху зосереджено у вигляді лінзи на дні вибухової капсули, яка займає 5–10 % її об'єму. Капсула в результаті охолодження зазнала тріщин [1].

В 2002 році відбулася консервація шахти «сухим» способом (постійне відкачування шахтних вод). Це сприяло недопущенню потенційно можливого радіаційного забруднення вищезалягаючих водоносних горизонтів і ґрунтів.

В 2018 році відбулася зміна режиму консервації шахти з «сухого» на «мокрий» (підтримка рівня води на визначених відмітках шляхом постійного відкачування шахтних вод), що призвело до її затоплення, водонасичення породного масиву, зменшення міцності порід та виник ризик геомеханічного руйнування капсули атомного вибуху і утворення в ній нових тріщин, що буде сприяти надходженню в ємність капсули підземних вод та вимиванню радіоактивних продуктів вибуху (переважно нуклідів цезію-137 і стронцію-90) та потрапляння їх в підземні і поверхневі води. Також, внаслідок застарілого обладнання шахти, в умовах «мокрої» консервації може статися саморуйнування шахти, що спровокує «схлопування» капсули, яка заповнена радіонуклідами та сильно радіоактивно забрудненою водою (об'ємом до 500 м^3). В разі пасивного затоплення капсули та

часткового зниження рівня її гідроізоляції, потрапляння води з капсули в шахтну воду збільшить забруднення підземних вод, вже забруднених в умовах обводнення гірничих виробок радіонуклідами цезію-137 і стронцію-90 [1]. При цьому проведені розрахунки розчинення радіаційно забрудненого скла за максимальною швидкістю (скло починає мати структурні деструкції R=350 Кі/кг та вилуговування в умовах потоку 10^{-5}–10^{-7} г/см^2 на добу) також означають, що міграція радіонуклідів стронцію-90, цезію-137 і тритію з урахуванням сорбції можлива на рівні фонових значень (10–13 Бк/л) [2].

В умовах повного водонасичення гірського масиву при затопленні шахти та активізації швидкості фільтраційних потоків, збільшується їх інтенсивність, внаслідок цього зростає обсяг радіаційного впливу на підземні і поверхневі води та на ґрунти. Також буде прискореним гідравлічний рух радіонуклідно забруднених вод по затопленим гірничим виробкам і збойкам з суміжних з шахтою «Юнком» шахт «Жовтнева» та «Червоний Октябрь». Вимивання радіоактивних елементів урану-238, радію-226 та радону-222 з гірських порід, структура яких зруйнованих ядерним вибухом, збільшить радіаційне забруднення шахтної води, спричиняючи в подальшому потрапляння вищевказаних радіоактивних елементів в поверхневі водні об’єкти та виділення в атмосферне повітря радіоактивного газу радону-222.

Крім того, в результаті розтікання забруднених підземних вод по території, яка розташована за межами шахти «Юнком», може існувати потенційна загроза забруднення ґрунтів радіоактивними речовинами в місцях підтоплення. Посилення потенційного радіаційного впливу шахти «Юнком» та інших затоплених шахт на гідрогеологічні умови Донецького вугільного басейну, ставить під загрозу забруднення радіаційними елементами річок в басейні Азовського моря, зокрема – р. Міуса, р. Булавіна, р. Кринка і їх притоків.

Важливою проблемою, пов’язаною із затопленням шахти «Юнком», є підтоплення територій радіаційно забрудненими шахтними водами, виходу метану та інших шахтних газів на земну поверхню, активізації процесів зрушення, зміни якості підземних та поверхневих вод. Для остаточного висновку про ступінь радіаційних екологічних наслідків при затопленні шахти «Юнком», необхідно зіставити результати теоретичних (моделювання) і експериментальних досліджень з результатами радіологічного моніторингу шахтних вод (з результатами гамма-спектрометричних і радіохімічних досліджень шахтних вод) та провести аналіз результатів спеціальних моніторингових досліджень підземних і поверхневих вод в зонах ризику радіаційного забруднення довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yakovliev, Y., Chumachenko, S. (2017). Ecological Threats in Donbas, Ukraine. 64. URL: https://ceobs.org/wp-content/uploads/2020/04/Ecological-Threats-in-Donbas.pdf

2. Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000). Затверджено Постановою Головного державного санітарного лікаря України від 12.07.2000. № 116. К., 2000. 25 с.

УДК 620.2:678.061

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДОСТІЙКИХ КРЕМІВ ІЗ ЗАХИСНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Стецяк Л.І.,
Хлібишин Ю.Я., *к.т.н., доцент*
Національний університет «Львівська політехніка»

Шкірні захворювання рук можуть виникати не лише внаслідок впливу хімічних речовин, а й через частий контакт з водою та розчинами, такими як мило та миючі засоби. Для профілактики таких ушкоджень традиційно рекомендується застосування захисних рукавичок із натурального каучуку, який відзначається низькою вартістю та високою стійкістю до розриву. Проте останнім часом проблема алергічних реакцій на натуральний каучук набуває все більшого значення: за даними для Сполучених Штатів, близько 10 % осіб, що контактують із цим матеріалом, можуть розвивати інколи серйозні алергічні реакції.

Альтернативою використанню рукавичок є захисні креми, що забезпечують частковий бар'єр для шкіри рук. Дані засоби особливо корисні для осіб з алергією на натуральний каучук або при виконанні робіт, де використання рукавичок є незручним чи забороненим. Слід зазначити, що захисні креми не гарантують захист від механічних ушкоджень, оскільки їхній бар'єрний ефект може з часом зношуватися. Рідкі компоненти кремів, зокрема рослинні та мінеральні олії, проникають у роговий шар, сприяючи заповненню мікротравм та забезпечуючи захист дерми від вологи.

Часто функції захисних кремів плутають із доглядовими засобами. Хоча деякі виробники стверджують, що зволожена шкіра утворює природний бар'єр, жиро-водна емульсія, яка формується, легко змивається під впливом води та миючих засобів. Крім того, зволожена шкіра може легше пропускати шкідливі речовини, такі як жири та розчинники. Тому важливо чітко розрізняти засоби, що призначені для захисту шкіри, та креми для догляду, оскільки заміна останніх на спеціалізовані захисні засоби може бути неадекватною та шкідливою.

Для захисту шкіри рук від агресивного впливу води, особливо при тривалому чи частому контакті, рекомендується застосування водостійких кремів, які надають шкірі гідрофобних властивостей. Гідрофобні поверхні характеризуються тим, що вода не розтікається по них, а утворює окремі краплі. Контактний кут – кут між поверхнею та краплею води, який може варіюватися від 40 °C до 110 °C залежно від сили поверхневого натягу як самої поверхні, так і води. Чим більший цей кут, тим ефективніше поверхня виконує функцію гідрофобного бар'єру.

Гідрофобні бар'єрні креми зазвичай містять такі компоненти:

- Захисні речовини: стеаринова кислота, цера, ланолін, мінеральні або рослинні олії, які забезпечують захист від вологи, кислот та миючих засобів.
- Пом'якшувальні агенти: речовини, що сприяють гідратації та зволоженню шкіри за рахунок оклюзійного ефекту, що позитивно впливає на епідерміс.
- Допоміжні компоненти: модифікатори консистенції та в'язкості (реологічні модифікатори), регулятори pH і консерванти.

Додавання таких компонентів, як магнію стеарат, стеариловий спирт, бутиленгліколь, магнію сульфат, цетеарил глюкозид та метилгідроксіетілоцелюлоза, сприяє забезпеченню гарної адгезії препарату до шкіри, а також досягненню необхідної в'язкості та текстури. Для регуляції pH у деяких препаратах (наприклад, типу BD та F) використовувалися лимонна кислота, молочна кислота, триетанолоамін та гідроксид калію. Найпоширенішими консервантами є феноксіетанол, метилпарабен, пропілпарабен та сорбінова кислота.

Оскільки захисні креми є емульсіями, їх склади містять також емульгатори (ланолін, лецитин, цетеарил глюкозид, полісорбат 60, гліцерилстеарат, PEG-7 гідрогенізована касторова олія, цетариловий спирт). На основі аналізу складів комерційних продуктів оптимальною була формула гідрофобного бар'єрного крему, що містить стеаринову кислоту, рідкий парафін, білий віск, масло ши та олію сафлору. У цій формулі:

- стеаринова кислота забезпечує водостійкість;
- рідкий парафін утворює захисний шар;
- білий віск створює оклюзійний бар'єр;
- олія сафлору сприяє регенерації шкіри.

Важливо, щоб рецептура крему включала виключно гідрофобні компоненти, оскільки наявність поверхнево-активних речовин у емульсіях може знижувати захисний ефект.

Значення pH захисних кремів повинно становити приблизно 3,5–9,5, що має бути зазначено виробником (за винятком засобів для безводного захисту шкіри). Проведені аудити якості підтверджують, що всі протестовані креми відповідають цим вимогам і не порушують природний захисний бар'єр шкіри.

Як комерційні, так і розроблені нами креми належать до групи неньютонівських рідин з псевдопластичними властивостями, що проявляються у зниженні уявної в'язкості при збільшенні швидкості зсуву. Креми з нижчою межею текучості мають легшу текстуру, що сприяє їх рівномірному розподілу по шкірі. Хоча висока видима в'язкість може ускладнювати нанесення, вона забезпечує формування захисної оклюзійної плівки, яка сприяє ефективному захисту.

Аналіз якості захисних кремів підтверджує, що не всі креми, навіть за заявою виробників, можуть забезпечувати належний гідрофобний бар'єрний ефект. Відповідно до літературних даних, для досягнення оптимального захисту необхідно застосовувати креми, склад яких відповідає визначеним критеріям щодо компонентного складу, фізико-хімічних властивостей та реологічної поведінки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воронов С.А., Будішевська О.Г. Сучасні інгредієнти для косметичних засобів. Львів : Львівська Політехніка, 2022. 256 с.

2. Ємченко І., Кольдюба І. Чинники формування безпечності органічної косметичної продукції. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. Т. 329, № 6. С. 400–404.

3. Skoet, R., Olsen, J,, Mathiesen, B., Iversen, L., Johansen, J.D., Agner, T. (2004). A survey of occupational hand eczema in Denmark. Contact Dermatitis. 51. 159–166.

4. Morávková, Tereza & Filip, Petr. (2014). The Influence of Thickeners on the Rheological and Sensory Properties of Cosmetic Lotions. Acta Polytechnica Hungarica. 11. 173–186.

УДК 614.84

ПОЖЕЖІ В ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТА ЇХ НЕБЕЗПЕКА ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

Товарянський В.І., *к.т.н., доцент*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Щороку пожежі в природних екосистемах спричиняють значну шкоду навколишньому середовищу не лише в Україні, а й у світі. Внаслідок цього пошкоджуються лісові господарства і сільськогосподарські площі, погіршуються умови функціонування біогеоценозів, а також виникають негативні чинники для здоров'я і безпеки людей [1]. Незважаючи на такі небезпечні ландшафтні пожежі, як лісові, а також пожежі на полях зернових культур [2], у весняний період спостерігається виникнення та поширення трав'яних пожеж, локалізація та ліквідація яких потребує залучення великої кількості сил та засобів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

Виникнення трав'яних пожеж спостерігається практично на території усіх природних зон нашої держави. Так, тільки з початку 2025 року на Львівщині рятувальники вже ліквідували 39 пожеж сухостою, зокрема у Самбірському, Стрийському, Яворівському та Львівському районах [3]. А на початку березня цього року у м. Переяслав Київської обл. вогнем не лише знищено трав'яний настил на площі 0,8 га, а й існувала небезпека поширення пожежі на житлові будинки прилеглої території (рис. 1) [4].



Рис. 1. Наслідки трав'яної пожежі в м. Переяслав (Україна, Київська обл., березень 2025 року) [4].

Все вище зазначене свідчить не лише про небезпеку трав'яних пожеж як надзвичайних ситуацій природного характеру, а й про необхідність здійснення комплексу заходів з метою запобігання їх виникненню. Сюди, зокрема, належать [5]: дотримання правил пожежної безпеки; організація належного господарювання та профілактичних робіт на територіях сільськогосподарських угідь; створення та використання систем раннього виявлення пожеж; інформаційно-просвітницька діяльність; покращення матеріально-технічної бази протипожежних служб та ін.

Окрім цього, важливим завданням є проведення досліджень у цій галузі. Такі дослідження насамперед стосуються встановлення показників пожежної небезпеки і можуть мати значення в процесі розроблення заходів з планування та прогнозування дій

на випадок виникнення природних пожеж. Подібні дослідження проводяться з використанням WFDS-моделювання [6], що дає змогу отримати значення показників пожежної небезпеки, в тому числі й температур в середовищі пожежі трав'яного настилу (рис. 2).

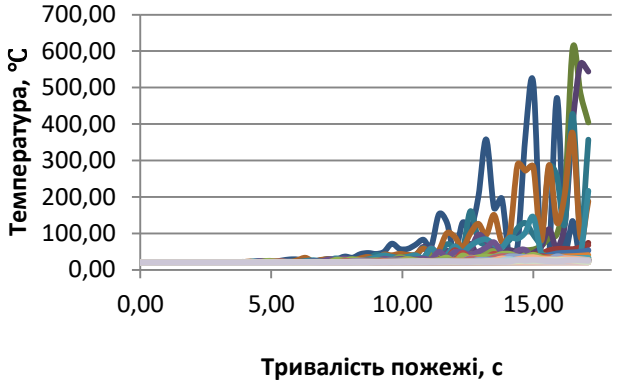


Рис. 2. Фрагмент дослідження температурних розподілів в середовищі пожежі трав'яного настилу висотою 0,2 м з використанням моделі WFDS.

Потрібно відзначити, що дослідження природних, зокрема трав'яних пожеж, залишається актуальним завданням, а з метою отримання достовірних результатів потрібно проводити комплексні, в тому числі й польові дослідження, які дадуть змогу отримувати більш точні значення шляхом верифікації та валідації моделей пожеж в природних екосистемах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Popovych, V., Gapalo, A. (2021). Monitoring of Ground Forest Fire Impact on Heavy Metals Content in Edafic Horizons. Journal of Ecological Engineering. 22. 5. 96–103.

2. Коваль В.В., Мальований М.С., Попович В.В. Ландшафтні пожежі в умовах війни: причини та наслідки для довкілля. Екологічна безпека в умовах війни: збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 32−33.

3. 39 пожеж сухостою: на Львівщині прокинулись палії трави. URL: https://portal.lviv.ua/news/2025/01/08/39-pozhezh-sukhostoiu-na-lvivshchyni prokynulys-palii-travy (дата звернення 01.03.2025).

4. Рятувальники ліквідували дві пожежі в Переяславі: горіла суха трава. URL: https://ps.informator.ua/2025/03/02/ryatuvalnyky-likviduvaly-dvi-pozhezhi-v-pereyaslavi-gorila-suha-trava/ (дата звернення 01.03.2025).

5. Правила пожежної безпеки в лісах України. Державний комітет лісового господарства. Наказ № 278 від 27.12.2004 року.

6. Кузик А.Д., Товарянський В.І., Драч К.Л. Моделювання процесів виникнення і поширення пожеж у трав'яних екосистемах. Зб. наук. пр. Пожежна безпека. Л.: ЛДУ БЖД, 2020. № 36. С. 44–48.

УДК 349.2

ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ ТА МАНІПУЛЯТОРІВ

Цимбал Б.М.*[1,2]*, *д.держ.упр., доцент,*
***Свіржевський П.В.*[1]**
[1]*Національний університет цивільного захисту України,*
[2]*Технічний університет «Метінвест політехніка»*

Для забезпечення безпеки промислових роботів та маніпуляторів необхідно періодично проводити оцінку ризиків промислових роботів та маніпуляторів і запроваджувати заходи для їх усунення або зменшення. Оцінка професійних ризиків повинна враховувати: передбачені операції робота, навчання, технічне обслуговування, встановлення, очищення; несподіваний пуск; доступ персоналу з усіх напрямків; ефект в системі управління. Ризики повинні бути усунуті усунені чи зменшені починаючи з проектування до експлуатації чи замінені, за допомогою заходів з безпеки [1, 2].

Промислові роботи та маніпулятори мають відмінні небезпеки від інших машин: роботи здатні здійснювати високоенергетичні рухи у великому операційному просторі; початок і траєкторія руху руки робота важко передбачувана; робочий простір робота може перекривати частину робочого простору інших роботів або частину робочого простору інших машин та пов'язаного з ним обладнання; від оператора може знадобитися робота безпосередньо близько від роботизовано системи за ввімкненого привода.

Технічні заходи безпеки повинні ґрунтуватися на таких фундаментальних принципах: усунення небезпек за допомогою належної конструкції або забезпечення того, щоб небезпечні ситуації переходили в безпечний стан, перш ніж оператор зіткнеться з ними та забезпечення додаткових заходів захисту, таких як інформація щодо використання, навчання, попереджувальні знаки і сигнали, персональні захисні пристосування тощо [3].

Небезпеки, які пов'язані з валами двигуна, шестернями, приводними ременями чи сполучними шестернями, які незахищені кожухом, панеллю на коробці передач, необхідно запобігати стаціонарним чи рухомим захисним засобам. Рухомі захисні засоби повинні бути взаємопов'язані з небезпечними рухами так, щоб зупиняти дії промислового робота та маніпулятора до настання небажаної події. Втрата чи зміна електричної, гідравлічної, пневматичної чи вакуумної потужності не повинна призводити до небезпеки. Під час несправності компонентів роботів небезпеки, які пов'язані з порушенням, ослабленням чи звільненням накопиченої енергії були мінімальними. Небезпечні джерела енергії повинні бути за ізольованими, необхідно передбачити можливість блокування чи закріплення робота в положенні знесилення в інший спосіб. Конструкція промислового робота та маніпулятора повинна передбачати контрольований випуск накопиченої небезпечної енергії та позначена відповідними знаками. Вона повинна бути стійкою до впливу електромагнітних і радіочастотним перешкод та радіочастотному розряду.

Захист від непередбачуваному пуску можливо за допомогою кнопкових чи клавішних перемикачів. Робот повинен мати одну чи більше функцій аварійної та захисної зупинки. Швидкість монтажного фланця кінцевого робочого органа робота та точки центра інструмента повинна бути керованою на вибраній швидкості.

Роботи для спільної роботи, повинні подавати світловий сигнал під час спільної роботи. Коли робот перебуває у спільному робочому просторі робот повинен зупинитися. Робот повинен мати допустиму швидкість, потужність та тримати дистанцію від людини. Робот повинен мати динамічні обмежувальні пристрої. Під час виникнення надзвичайних

чи ненормальних ситуацій переміщення його осей повинно бути без використання потужності привода, за допомогою однієї особи.

Перевірку та контроль безпечності промислового робота та маніпулятора можливо за допомогою методу: візуального огляду, практичного випробування, вимірювання, спостереження під час експлуатації, огляд специфічних для застосування схем, принципових схем та конструкційних матеріалів, огляду оцінювання ризиків на основі завдань, огляду специфікацій та інформації для використання, але не обмежуватися ними.

Роботизована система та засоби захисту роботизованого модуля повинні бути стійкими до впливів навколишнього середовища, таких як температура, вологість, вітер або протяги, освітленість тощо. Небезпека, яка пов'язана з вантажно-розвантажувальними роботами, заплутування, падіння вантажів, розрив з'єднань роботизовано системи повинні бути враховані під час оцінки ризиків.

Можливість знімання огорож промислового робота та маніпулятора повинно тільки за допомогою інструментів. Периметрові огорожі не повинна бути встановлена ближче до небезпеки, ніж обмежений простір. Рухомі огорожі в установленому положенні повинні перешкоджати потрапляння оператора в небезпечні зони. Рухомі огорожі повинні відкриватися в бік або від небезпеки, але не в напрямку захищеного простору. Блокування повинно бути забезпечено для того, щоб привести будь-які небезпеки в безпечний стан до того, як оператор може отримати доступ до небезпеки, проходячи крізь огорожу. Якщо оператор технічно може відкрити рухому огорожу з блокувальним пристроєм і потрапити в небезпечну зону, перш ніж небезпека перейде в безпечний стан, то додатково до керування блокування необхідно забезпечити запирання огорожі. Блокування огорожі повинно: давати змогу активізувати функції небезпечної машини доти, поки огорожу встановлено і заблоковано, зачиненні дверцята в огорожі; підтримувати огорожу в установленому та заблокованому від шкоди внаслідок виконання небезпечної функції. Захищений простір повинен мати засоби замикання людини всередині нього.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безпечність машин. загальні принципи проектування. оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT) (ДСТУ EN ISO 12100:2016). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71627

2. Роботи та роботизовані пристрої. вимоги щодо безпечності промислових роботів. частина 1. роботи (EN ISO 10218-1:2011, IDT; ISO 10218-1:2011, IDT) (ДСТУ EN ISO 10218-1:2018). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81561

3. Роботи та роботизовані пристрої. вимоги щодо безпечності промислових роботів. частина 2. роботизовані системи та їхні поєднання (EN ISO 10218-2:2011, IDT; ISO 10218-2:2011, IDT) (ДСТУ EN ISO 10218-2:2018). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81746

УДК [504.5:355.01]:613.71-053.81(477.64)

ВПРОВАДЖЕННЯ ДИХАЛЬНОЇ ГІМНАСТИКИ СЕРЕД МОЛОДІ В УМОВАХ ВСТАНОВЛЕНОГО ДИНАМІЧНОГО ЗРОСТАННЯ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПОБЛИЗУ ЗОНИ БОЙОВИХ ДІЙ

***Четвертак Т.Ю.*[1]**, *к.пед.н.,*
***Багорка А.М.*[2]**, *к.пед.н.*
[1]*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького,*
[2]*Відокремлений структурний підрозділ «Економіко-правничий фаховий коледж Запорізького національного університету»*

В результаті проведеного дослідження встановлено, що динаміка росту загальної кількості діоксиду нітрогену у пробах повітря на території Запорізької області зросла в середньому на 23,8–24,2 % за 2022–2024 роки. Показники вмісту моно оксиду карбону збільшені за останні два роки на 9,8–10,2 %, локально кількісні показники мали суттєві відмінності у зв'язку з руйнуванням критичної інфраструктури російською агресією, переміщенням військової техніки, високу рухомість верхніх шарів повітря, своєрідність фізико-хімічних процесів тощо [1]. Як показують попередні дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених, джерело різноманітних хімічних речовин забруднення атмосферного повітря спричинено розсіюванням забруднюючих речовин при вибухах та руйнуваннях на об'єктах промисловості, енергетичної інфраструктури та транспорту, пошкодження складів пально-мастильних матеріалів, нафтопроводів та газопроводів, вибухи різних видів озброєння, контрольоване та неконтрольоване спалювання палива технікою, усі види пожеж в природних екосистемах та житлових та нежитлових приміщеннях тощо [2]. Експертна група фахівців з фізичного виховання, спорту та медичної реабілітації, долучена до проведення педагогічного експерименту, визначила оптимальну стратегію проведення комплексу вправ дихальної гімнастики. Для успішної реалізації опрацьовано методики О. Стрельнікової, К. Бутейко. Учасникам пілотного дослідження запропоновано виконувати комплекс вправ дихальної гімнастики лежачи на спині; так щоб одна рука знаходилась на животі, а друга рука покладена на груди, так щоб контролювати рух живота та грудей під час дихання. Спочатку рекомендовано розслабитись, зробити видих; на вдиху поступово наповнювати та випинати живіт; під час виконання вправи не можна напружувати живіт, він повинен підніматися за рахунок повітря; тривалий видих починайте з живота та повністю видихайте все повітря з живота та грудної клітки; під час вдиху та видиху рухатися повинна рука на животі. Рекомендується виконувати п'ять повторень у два-три підходи на добу. Усі дихальні вправи, зокрема дихання діафрагмою, краще виконувати до прийму їжі. Проведений експеримент для популяризації дихальної гімнастики серед молоді з метою зміцнення загального здоров'я в умовах динамічного зростання хімічного забруднення атмосферного повітря поблизу зони бойових дій вважаємо доцільним та корисним. Перспективи подальших досліджень вбачаємо у подальшому зміцненні здоров'я української нації, популяризації здорового способу життя, спорту та національної єдності. Показники вмісту монооксиду карбону збільшені за останні два роки на 9,8–10,2 %, локально кількісні показники мали суттєві відмінності у зв'язку з руйнуванням критичної інфраструктури російською агресією. Учасники експерименту, долучені до щоденного практичного виконання авторського курсу комбінованої дихальної гімнастики на свіжому повітрі ідентифікували покращення: збільшення припливу кисню в організм; підвищення стійкості до гіпоксії; збільшення об'єму легень; приведення в норму темпу дихання та вимови; зміцнення дихальної мускулатури; зміцнення імунітету; розслаблення та зняття напруги при стресі та неврозах; покращення вентиляції нижніх відділів легень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Savenets, M., Osadchyi, V., Komisar, K., Zhemera, N., Oreshenko, A. (2023). Remotely visible impacts on air quality after a year-round full-scale Russian invasion of Ukraine. Atmospheric Pollution Research. 14. 11. 101912. ISSN 1309–1042. URL: https://doi.org/10.1016/j.apr.2023.101912

2. Soroka, M., Bailiuk, Y., Amborsova, A., Ambrosova, D., Tarasova, L., Zelenko, Y. (2023). Zabrudnennia atmosfernoho povitria: vplyv na stan zdorovia naselennia. URL: 10.13140/RG.2.2.15762.43206

УДК 342.9

ВИЯВЛЕННЯ ПОРУШЕНЬ У СИСТЕМАХ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

Шаповалова Я.М.
Сумський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

Виявлення порушень у системах екологічного контролю та охорони праці є критично важливим завданням для забезпечення безпеки працівників, збереження довкілля та дотримання законодавчих норм. Це складний процес, який вимагає застосування різноманітних методів та інструментів.

Діяльність органів нагляду і контролю за охороною праці регламентовано такими основними нормативно-правовими актами:

– Кодексом цивільного захисту України;

– Кодексом законів про працю в Україні;

– Закон України «Про охорону праці»;

– Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;

– Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»;

– та інші нормативно-правові акти.

Актуальним питанням досі залишається ухвалення законопроекту № 3091 «Про державний екологічний контроль» [2], що передбачає ліквідацію Державної екологічної інспекції і встановлює алгоритм державного екологічного контролю. Цей закон є ще одним значним кроком для екологічної трансформації України, оскільки для ефективного екологічного регулювання необхідний ефективний нагляд та контроль. Проектом пропонують визначити правові та організаційні засади державного екологічного контролю щодо органів державної влади, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, фізичних осіб, а також встановлює підстави та порядок притягнення суб'єктів господарювання до відповідальності за порушення вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища.

Основні етапи виявлення порушень на підприємстві у системах екологічного контролю та охорони праці:

1. Аналіз нормативно-правової бази:

– детальне вивчення законодавства та нормативних документів, що регулюють діяльність підприємства в сфері охорони праці та екології;

– порівняння вимог законодавства з фактичним станом справ на підприємстві.

2. Оцінка ризиків:

– ідентифікація потенційних небезпек та ризиків, пов'язаних з виробничими процесами;

– оцінка ймовірності та наслідків реалізації цих ризиків.

3. Моніторинг та контроль:

– регулярний контроль за дотриманням технологічних процесів, станом обладнання та інженерних мереж;

– збір та аналіз даних про викиди, відходи, рівні шуму та вібрації тощо;

– моніторинг стану робочого середовища та здоров'я працівників.

Контроль за станом охорони праці на підприємстві є одним із найважливіших складників системи управлінні охороною праці підприємства. Метою здійснення контролю на підприємстві є виявлення відхилень від норм в умовах праці та перевірки виконання працівниками своїх обов'язків у сфері охорони праці, що в подальшому дає

змогу запобігти технологічним порушенням, нещасним випадкам та іншим надзвичайним подіям на підприємстві.

Основними видами контролю на підприємстві є:

– триступеневий адміністративно-громадський контроль;

– оперативний контроль керівників робіт та інших відповідальних осіб підприємства - наприклад, служби охорони праці, екологічного стану;

– контроль місцевих органів влади (органів самоврядування);

– відомчий контроль;

– громадський контроль;

– контроль органів державного нагляду (Держгірпромнагляд, Держпраці та інші) [3].

Відповідно до статті 13 Закону України «Про охорони праці» [1] роботодавець повинен забезпечити умови для повноцінного функціонування системи управління охороною праці, а також роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог. Зокрема, для здійснення контролю за дотриманням вимог законодавства та безпеки працівників є доцільним проведення аудиту з охорони праці та екологічного контролю.

Аудит щодо дотримання вимог у системах екологічного контролю та охорони праці на підприємстві включає наступні види:

– проведення внутрішніх та зовнішніх аудитів для оцінки ефективності системи управління охороною праці та екологією;

– перевірка документації, процедур та виконання робіт.

При цьому контроль мусить бути не караючим, а носити превентивних характер та чітко задавати шляхи виправлення виявлених порушень. Таким чином, керівництво буде володіти вичерпною інформацію щодо виявлених порушень на підприємстві та це дасть змогу в термін та повноцінно їх усунення.

Ще одним важелем, який забезпечує контроль за дотриманням вимог у системах екологічного контролю та охорони праці є повідомлення про порушення у вигляді скарг та повідомлень. Скаргу та повідомлення про порушення може подати працівник підприємства, профспілки, державні інспектори з охорони праці та екології, громадські організації та інші особи. Ефективна система розгляду скарг та аналізу повідомлень про порушення охорони праці є запорукою безпеки на підприємстві. Вона дозволяє не тільки усунути існуючі проблеми, але й запобігти виникненню нових.

Таким чином, виявлення та усунення порушень у системах екологічного контролю та охорони праці є важливим кроком для забезпечення безпеки працівників, збереження довкілля та дотримання законодавчих норм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про охорони праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. База даних «Законодавство України». ВР України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text

2. Проект Закону про державний екологічний контроль від 19.02.2020 №3091. База даних «Законопроекти». ВР України. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=68186

3. Одарченко М.С., Одарченко А.М., Степанов В.І., Черненко Я.М. Основи охорони праці: підручник. Харків, 2017. 334 с.

УДК [331.45+504.6]:669

ПІДВИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ПОЗАДОМЕННИХ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗА

***Шаповалов В.А.*[1]**, *к.т.н., доцент,*
***Ляшенко В.І.*[2]**, *к.т.н., с.н.с.,*
***Швець Д.В.*[3]**
[1]*Криворізький національний Університет,*
[2]*Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-розвідувальний інститут промислової технології»,*
[3]*ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»*

Класична схема коксової металургії чавуну з використанням традиційних технологій та виробництв (коксохімічного, агломераційного, доменного) містить велику кількість шкідливих та небезпечних виробничих факторів які не можуть бути повністю ліквідовані, через специфіку та особливості технологічних процесів.

Коксохімічне виробництво є однією з найбільш небезпечних ланок в контексті техногенної та промислової безпеки через використання високотоксичних, вибухонебезпечних і агресивних хімічних речовин, а також складних технологічних операцій, що включають роботу в обмежених просторах, наявності високих температур, фізичного навантаження, небезпечних умов мікроклімату і роботу з газами та важкими механізмами [1, 2].

Агломераційне виробництво відрізняється високим рівнем запиленості, що зумовлено обробкою сипких матеріалів. Цей фактор створює значні ризики для здоров'я працівників, оскільки дрібнодисперсний пил проникає в дихальні шляхи і спричиняє хронічні захворювання легень. Так, у робочій зоні рудного двору під час вивантаження вихідної сировини рівень запиленості може сягати 12–46 мг/м³, що значно перевищує гранично допустимий рівень у 4 мг/м³. У відділеннях розподілу матеріалів, дроблення, подрібнення та змішування концентрація пилу становить відповідно 65–180 мг/м³, 60–600 мг/м³ та 16–100 мг/м³ [2–4].

Біля доменної печі, яка поєднує складний комплекс технологічних процесів і роботу механізмів, серед шкідливих і небезпечних виробничих факторів характерні інтенсивне виділення пилу, шум і вібрація, що є типовими чинниками небезпеки на ділянках перевантажувальних вагонів, рудних і коксових бункерів, грохотів, скіпових підйомників та в інших місцях. Серед інших чинників небезпеки, проте типових для доменного виробництва, характерні інтенсивні теплове та інфрачервоне випромінювання у межах ливарного двору, зокрема біля чавунної і шлакової льоток, а також доменний газ та його тиск у газопроводі, малому конусі, повітропроводі, механічна небезпека в незахищених рухомих елементах виробничого обладнання, обертових частинах машин і механізмів тощо [6].

Стрімке посилення екологічних норм, з якими стикаються безліч металургійних комбінатів по всьому світу, спонукає розвиток і перехід від традиційної коксової металургії до більш чистих поза доменних методів отримання заліза, шляхом рідкофазного відновлення [5].

Проведений аналіз досліджень процесів рідкофазного відновлення в галузі чорної металургії свідчить про те, що за рахунок відмови від виробництва коксу та технологій оґрудкування залізорудної сировини, а також завдяки технічним особливостям низькоякісної сировини, є можливість досягти встановлених екологічних нормативів, знизити травматизм та ризики професійних захворювань, покращити умови праці для

працівників, задіяних на виробництві і забезпечити безпеку технологічних процесів і при цьому досягти економічно позитивних результатів.

Впровадження технології рідкофазного відновлення оксидів заліза дозволяє виключити з технологічного ланцюга небезпечні і брудні, а також енергоємні виробництва коксу та агломерату (окатишів), що істотно знижує екологічне навантаження металургійного виробництва, позбавляє виробництво чисельних небезпечних технологічних операцій, зменшує загальну кількість забруднювачів навколишнього середовища, шкідливих викидів пилу і газів та інших небезпек.

Автоматизація технологічних процесів рідкофазного відновлення виключає присутність працівників в зоні дії високих температур, інтенсивних випромінювань та інших небезпечних виробничих факторів і дозволяє знизити травматизм та ризики професійних захворювань.

Економічний ефект від впровадження технології рідкофазного відновлення заліза виявляється у зниженні витрат на закупівлю сировини та електроенергії. Додатковими перевагами технології рідкофазного відновлення є можливість утилізації промислових та/або побутових відходів, що вирішує екологічні завдання рециклінгу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Coke Oven Emissions. U.S. Environmental Protection Agency | US EPA. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-09/documents/coke-oven-emissions.pdf (date of access: 13.01.2025).

2. U.S. Department of Health and Human Services. Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS, online database). National Toxicology Information Program, National Library of Medicine, Bethesda, MD. 1993.

3. SAFETY GUIDELINES FOR IRON & STEEL SECTOR. Our Gov.in. URL: https://ourgovdotin.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/12/sg-31-safety-guideline-for-sinter-plant.pdf (date of access: 24.01.2025).

4. The impact of collaborative agglomeration of manufacturing and producer services on carbon emission intensity: Influence mechanism and spatial effect – PMC. PMC Home. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10734989/ (date of access: 30.01.2025).

5. Губін Г.В., Півень В.О. Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза : Кривий Ріг, 2010. 336 с.

УДК 331.44

ЗБЕРЕЖЕННЯ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНОГО НАВЧАННЯ З ПИТАНЬ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Шароватова О.П., *к.п.н., доцент,*
Мацак А.О., *к.т.н.*
Національний університет цивільного захисту України

Посттравматичний стрес, психологічні травми, загроза для фізичного та психічного благополуччя населення набули надзвичайної актуальності в умовах реалій українського сьогодення. Умови війни створюють серйозні виклики для психічного здоров'я працівників. Забезпечення психологічної допомоги, психосоціальної підтримки стало критично важливим завданням у забезпеченні психічного благополуччя українців. Вирішення цих проблем вимагає спільних зусиль психологів, медиків, громадських організацій та країни в цілому, щоб допомогти людям долати наслідки війни та зберігати свою психічну стійкість [1].

Збереження ментального здоров'я – це не тільки питання виживання в сучасному світі, але й запорука конструктивного майбутнього. Люди зі стійким ментальним здоров'ям можуть протистояти життєвим стресам, продуктивно працювати, досягати більших успіхів в роботі та робити внесок у суспільне життя.

В умовах війни та у післявоєнний час ментальне здоров'я працівників стає фокусом уваги роботодавців та потребує відповідних дій на рівні підприємств, установ, організацій. Уже сьогодні роботодавці повинні готуватися до нових реалій та дбати про психоемоційний стан своїх працівників. Відтак, актуальності набуває психосоціальна підтримка на робочому місці, яка має ґрунтуватись на письмовій політиці підприємства. Цілями політики підприємства за зазначеним напрямом є підвищення рівня знань співробітників щодо методів управління стресом та навичок психологічного відновлення, сприяння запобіганню важким психічним і поведінковим розладам, запобігання емоційному й професійному «вигоранню» у воєнний та післявоєнний час, навчання співробітників навичок надання першої психологічної допомоги тощо [2].

Такі акценти сучасності зумовлюють зміни у нормативній базі, зокрема Типовому положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [3], яке встановлює порядок навчання та перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб та інших працівників у процесі трудової діяльності, а також учнів, курсантів, слухачів та студентів навчальних закладів під час трудового і професійного навчання, вимоги якого є обов'язковими для виконання усіма центральними, місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, бюджетними установами та суб'єктами господарювання незалежно від форми власності та видів діяльності.

Додана до змісту положення Тема 8 «Психосоціальна підтримка та перша психологічна допомога на робочому місці» розкривається такими складовими, як:

- поняття ментального здоров'я на роботі; визначення психологічно безпечного робочого середовища; ознаки психоемоційних порушень, виявлення та способи попередження психологічних і поведінкових наслідків;
- визначення ролі психологічної безпеки та культури безпеки в житті працівників та досягненні результатів організації;
- способи та інструменти психологічної самодопомоги та саморегуляції;
- прояви дискримінації, недотримання рівності та інклюзивності в робочих відносинах як чинник психосоціальних ризиків; заходи попередження та протидії різним формам дискримінації;

- теоретичні основи стресу; методи самовизначення/визначення стресу; поняття стресостійкості; розвиток резильєнтності як складової ментального здоров'я;

- визначення психосоціальних факторів, пов'язаних із конкретною роботою чи галуззю; вплив психосоціальних факторів на виникнення стресу на робочому місці; вплив стресу на працездатність та безпеку праці, виникнення нещасних випадків та погіршення стану ментального здоров'я працівників;

- оцінка психосоціальних ризиків для ментального здоров'я, зокрема потенційних; практичні методи усунення психосоціальних факторів та/або зниження рівня психосоціальних ризиків; керування психосоціальними ризиками на робочому місці;

- загальний огляд системи управління ментальним здоров'ям на роботі; основи надання першої психологічної допомоги на робочому місці; психосоціальна підтримка на робочому місці, її цілі та елементи; дії роботодавця для збереження ментального здоров'я працівника;

- ненасильницькі комунікації як складова психологічно безпечного робочого простору [3].

У мінливих умовах сьогодення навчання з питань охорони праці може проводитись як традиційними методами, так і з використанням модульного, дистанційного навчання, а також з використанням технічних засобів - аудіовізуальних, комп'ютерних навчально-контрольних систем, комп'ютерних тренажерів, що, поряд із обов'язковістю, робить його доступним й ефективним в період тривалої соціальної і безпекової невизначеності.

Війна, як і будь-яка інша зовнішня небезпека чи загроза, – це фактор, який виникає поза роботою, але його наслідки можуть впливати як на працездатність і продуктивність людини, так і на сферу праці загалом. Наслідки війни матимуть тривалий вплив на ментальне здоров'я населення, що працює, а також на молоде покоління, яке ще має вийти на ринок праці. Тому підприємствам і організаціям потрібно буде не тільки забезпечити підтримку психологічно здорового робочого середовища, а й постійно вдосконалювати і посилювати її [2]. Психосоціальна підтримка співробітників має стати пріоритетною частиною загальної політики безпеки і здоров'я на роботі. Інвестування в ментальне здоров'я роботодавцями допоможе зробити життя громадян продуктивнішим і збалансованішим.

ЛІТЕРАТУРА

1. Що таке ментальне здоров'я та як про нього дбати? URL: https://smu.dsp.gov.ua/news/shcho-take-mentalne-zdorov-ia-ta-iak-pro-noho-dbaty/

2. З турботою про кожного. Психосоціальна підтримка на робочому місці у воєнний і післявоєнний час. URL: https://pratsia.in.ua/ilo/informatsiynyy-material-dlya-lideriv-pidpryyemstv-profspilok.html

3. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Перелік робіт з підвищеною небезпекою, затверджені наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 р. № 15, із змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства економіки № 22778 від 29.08.2024 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text

УДК 331.52:316.344.24

ОСОБЛИВОСТІ ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЖІНОК І ЧОЛОВІКІВ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Шароватова О.П., *к.пед.н., доцент,*
Морозов А.І., *к.т.н., доцент,*
Національний університет цивільного захисту України

Повномасштабна війна в Україні суттєво змінила ринок праці. На відміну від довоєнного часу, коли робочих місць не вистачало, сьогодні загострилось структурне безробіття, яке характеризується дефіцитом кадрів за багатьма професіями. Внаслідок воєнних дій, виїзду українців за кордон, призову чоловіків та жінок на військову службу пропозиція робочої сили стала обмеженою і ринок праці постав перед проблемою нестачі кадрів.

За даними Державної служби зайнятості, суттєво змінилась і гендерна структура зареєстрованих безробітних. Якщо до початку війни у структурі безробітних жінки становили 55 %, то на початок 2025 року ця частка зросла до 80 %. Наразі виникають суттєві труднощі з укомплектуванням вакансій для кваліфікованих робітників, які є традиційно затребуваними серед чоловіків (будівельники, зварники, слюсарі, електромонтери, водії тощо). Традиційно «чоловічі» професії у промисловості, транспорті, аграрній сфері дедалі частіше опановують жінки, що в умовах реалій сьогодення руйнує колишні стереотипи [1].

В Україні рівність трудових прав для обох статей закріплено на законодавчому рівні. Держава гарантує захист від дискримінації у сфері зайнятості, зокрема щодо віку чи статті претендента на робоче місце. З огляду на це в оголошеннях про вакансії, які подають роботодавці до служби зайнятості, забороняється пропонувати роботу лише жінкам або лише чоловікам, за винятком специфічної роботи, яка може виконуватися виключно особами певної статі.

Згідно даних Державної служби зайнятості, за 2024 рік жінки були працевлаштовані за професіями: верстатник деревообробних верстатів (254 жінки); машиніст насосних установок (185 жінок); машиніст крана (86 жінок); слюсар з механоскладальних робіт (86 жінок); водій (75 жінок); вантажник (63 жінки); електромонтер (63 жінки); оператор верстатів з програмним керуванням (53 жінки); гірник (44 жінки); машиніст підземних установок (34 жінки); машиніст крана металургійного виробництва (22 жінки); водій навантажувача (20 жінок). Серед професій, які умовно вважаються «чоловічими», жінки також опановують такі, як: тракторист (150 жінок); лицювальник-плиточник (21 жінка); слюсар з ремонту колісних транспортних засобів (10 жінок); монтажник систем утеплення будівель (8 жінок); монтажник гіпсокартонних конструкцій (6 жінок); електрогазозварник (5 жінок); водій навантажувача (5 жінок); електромонтер (3 жінки) [1; 2].

Попри ці дані, працевлаштування жінок за традиційно «чоловічими» професіями масового характеру ще не набуло. Підвищити кваліфікацію або отримати нову професію жінки намагаються і за такими спеціальностями, як: медсестринство, психологія, дошкільна освіта, соціальна робота, середня освіта (за предметними спеціалізаціями), а також за професіями: кухар, водій, молодша медична сестра з догляду за хворими, кондитер, продавець, швачка, кравець тощо.

Наразі Україна тримає першість за глобальним показником залучення жінок до професійних і технічних сфер. Суто «чоловічі» професії у державі зникли лише наприкінці 2017 року, коли було скасовано наказ Міністерства охорони здоров’я зі списком 450 професій, які вважалися «небезпечними для здоров’я» жінок. До переліку

входили ливарні роботи, роботи зі свинцем, загальні професії чорної і кольорової металургії, загальні професії електротехнічного виробництва, електронної техніки, а також хімічного виробництва, гумових сумішей та їх переробки, лісозаготівельні роботи, виробництво цементу, загальні професії виробництва текстилю, харчової продукції, хлібопекарського виробництва, тютюново-махоркового і ферментаційного виробництва і роботи, пов'язані із застосуванням свинцевих сплавів.

Однак наближення до балансу між жінками та чоловіками у професіях не означає рівності в оплаті праці. Зазвичай чоловіки переважають на керівних посадах, жінки – у менш прибуткових секторах економіки або на посадах з нижчим рівнем оплати праці. До того ж, через нерівномірний розподіл сімейних обов'язків, догляд за дітьми жінки мають менше часу на професійний розвиток. Відпустки по догляду за дитиною, якими переважно користуються жінки, також впливають на їхній професійний досвід і кар'єрні можливості.

Щодо рівня оплати праці, за даними Держстату до 2022 року, найбільший розрив у зарплатах чоловіків і жінок спостерігався у таких сферах діяльності, як: промисловість (25 %); фінансова та страхова діяльність (32 %); діяльність у сфері культури та спорту, відпочинку та розваг (34 %).

У звіті організації UN Women Ukraine за 2023 рік зазначається, що Україна є лідером за показником залучення дівчат до навчання в закладах середньої та вищої освіти. Але це не дає гарантії, що жінки в обраній сфері отримуватимуть рівну з чоловіками заробітну плату. Гендерний розрив все ще залишається в таких спеціальностях, як педагогіка, інформаційні технології, сільське господарство, медицина, соціальні науки. На прикладі фахової передвищої та вищої освіти чоловіків навчається більше на інженерних, машинобудівних, транспортних й аграрних спеціальностях, кількість жінок переважає на освітніх, медичних, мистецьких та гуманітарних спеціальностях.

Щоб подолати невідповідності в особливостях трудової діяльності чоловіків та жінок в Україні, уряд затвердив Національну стратегію до 2030 року [3], яка містить набір інструментів для посилення ролі жінок на ринку праці, серед яких запровадження змін у трудовому законодавстві, реалізація програм для підтримки жіночих бізнесів (грошові гранти), реалізація програм з професійного навчання та перенавчання українок.

Затвердження нових положень має надати жінкам додаткові можливості для професійної реалізації та посилити захист їхніх прав. Зокрема, передбачається законодавче закріплення принципу однакової оплати праці жінок та чоловіків за працю рівної цінності, врегулювання правового захисту працюючих жінок, що сприятиме підвищенню їх конкурентоздатності. Жінки мають отримати більше можливостей працювати за гнучким графіком, вдома або дистанційно, самостійно приймати рішення щодо роботи у нічний час та направлення їх у відрядження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба зайнятості. URL: https://dcz.gov.ua/stat.

2. Перелік професій для професійного навчання жінок для працевлаштування у сферах, де вони були традиційно недостатньо представлені, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 15.11.2024 р. № 1302.

3. Національна стратегія подолання гендерного розриву в оплаті праці на період до 2030 року, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15.09.2023 р. № 815-р.

UDC 691

RESEARCH OF REED AND HEMP STEM WASTE FOR OBTAINING FILLED BIOCOMPOSITION MATERIALS

Kariev A.I., *PhD,*
Sokol Ye.I, *Dr. Sc. (Tech.), Professor,*
Gasanov M.I, *Dr. Sc. (Tech.), Professor,*
Lebedev V.V., *Dr. Sc. (Tech.), Associate Professor*
National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»

The main development direction of the economy's manufacturing sector is developing and applying various environmentally friendly composite materials based on renewable raw materials. The development, design, and further application of environmentally friendly composite materials based on renewable raw materials using plant products not characterized by food value has gained particular development [1]. This industry is characterized by obtaining a broad raw material base in a minimum period. At the same time, the main advantages are the unpretentiousness of plant products and a high yield of fibrous material.

A promising direction in obtaining environmentally friendly composite materials is hemp and reed plant fibers. Western scientists use hemp fibers to create biocomposite materials for various applications. Biocomposite materials are being developed entirely from organic materials and using fillers in the form of hemp and reed plant fibers [2]. The main components of environmentally safe composite materials based on plant waste are a biodegradable polymer matrix, an organic filler, and various functional additives are also used: antiseptics, flame retardants, compatibilizers, etc. For example, a joint study by scientists from Canada and the UK allowed the creation of new biocomposite materials from hemp waste using a silica matrix. Such composites are water-resistant and show good mechanical characteristics, which made it possible to develop new thermal insulation building materials based on them [2].

The work aimed to research of reed and hemp stem waste for obtaining filled biocomposition materials.

In this work, we used such objects as: waste of marsh reed stems, which were collected in the Kharkiv region and crushed in a Braun blender to a size of 0.5-6 mm and waste of hemp stems, collected in the Kharkiv region and crushed in a Braun blender to a size of 0,5–6 mm (Fig. 1).

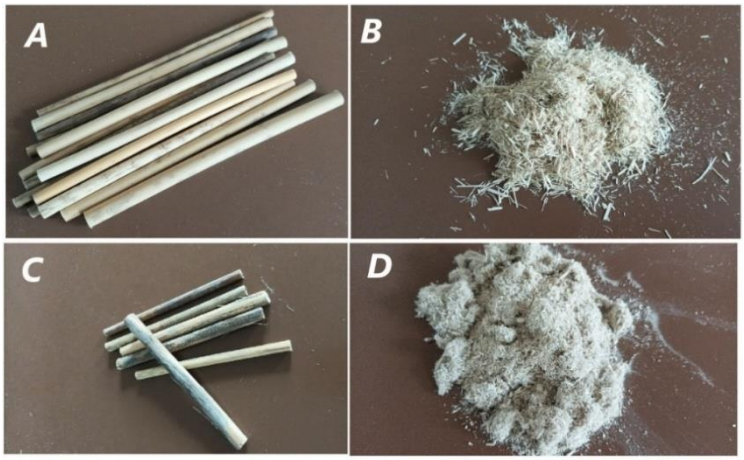


Fig. 1. Photos: A – reed stem waste, B – crushed reed stem waste, C – hemp stem waste, D – crushed hemp stem waste.

Primary studies aimed to determine the most important physicochemical characteristics of renewable reed and hemp wastes. From the results of qualitative and elemental analysis of reed and hemp waste, it is clear that these substances are very similar in content and ratio of essential elements; they have practically the same level of hydrogen, sulfur, carbon, and oxygen. At the same time, reed is characterized by an increased content of volatile substances and a reduced moisture content compared to hemp.

Microscopic studies were conducted to determine the morphology of crushed reed and hemp stalk waste, as shown in Fig. 2. Their results show that lamellar particles with a sufficiently hard surface are formed when grinding reed stalk waste, while a fibrous structure with a small proportion of lamellar particles characterizes crushed hemp stalk waste.

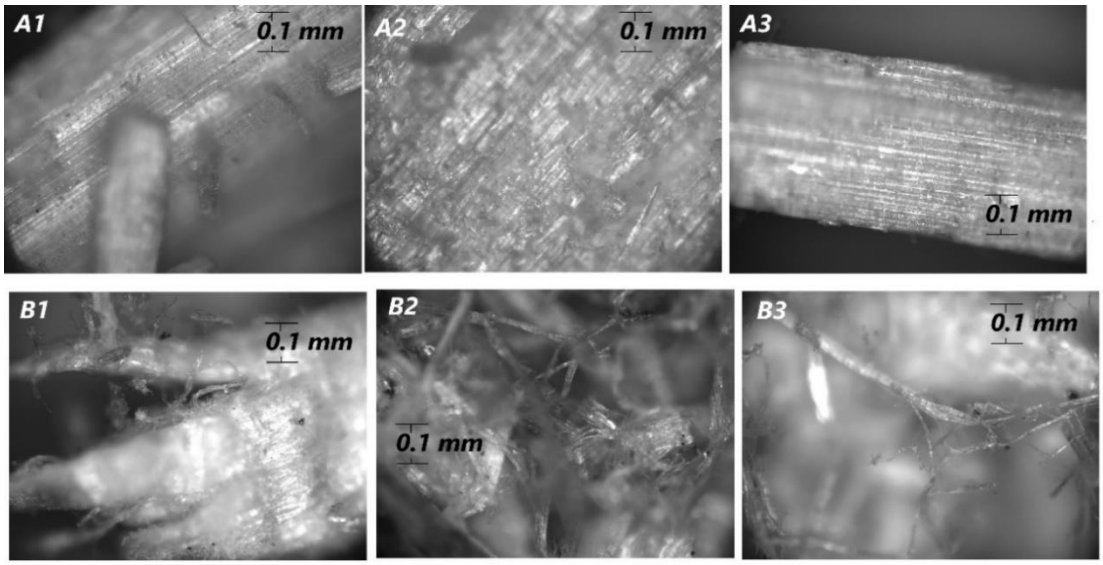


Fig. 2. Microscopic TEM research: A1, A2, A3 –crushed reed stem waste, B1, B2, B3 –crushed hemp stem waste.

In general, it is essential to note the physical characteristics of crushed reed and hemp stem waste. It is necessary to note the former's increased hardness and significant hydrophobicity compared to hemp material. It was determined that hemp stalks have a surface hardness of 20–22 Shore A, while for cane waste this indicator was 55–60 Shore A. Crushed hemp stem waste is a fluffy, fibrous cotton-like mass with a very low bulk density compared to crushed reed stem waste, characterized by an appearance similar to sawdust of varying sizes. Also, the different filler particle morphology is associated with a higher cellulose content (up to 75 wt. %) and a lower lignin content (3,5–5 wt. %) in reed waste compared to hemp waste (50 wt. % cellulose and up to 8,5–10 wt. % lignin).

REFERENCES

1. Kaur, G., Uisan, K., Lun Ong, K., Ki Lin, C., (2018). Recent Trends in Green and Sustainable Chemistry & Waste Valorisation: Rethinking Plastics in a Circular Economy. Curr. Opin. Green Sustain. Chem.. 9. 30–39.

2. Hussain, A., Calabria-Holley, J., Lawrence, M., Ansell, M.P., Jiang, Y., Schorr, D., Blanchet, P. (2019). Development of novel building composites based on hemp and multi-functional silica matrix. Composites Part B: Engineering. 156. 266–273.

UDC 330.34

SUSTAINABLE MANAGEMENT STRATEGIES FOR ECOLOGICAL SAFETY AND OCCUPATIONAL PROTECTION

Koldovskyi A.V., *PhD in Economics, Associate Professor,*
Shafranova K.V., *PhD in Economics, Associate Professor,*
Dyvynska Yu.A., *PhD in Economics, Associate Professor*
Zhytomyr Economic and Humanitarian Institute of the University "Ukraine"

The increasing frame of environmental challenges and work security issues make ecological safety and commercial safety key problems of modern organizational management (Prokopenko et al., 2024). The desire to manage sustainably is part of the quest for businesses to manage profitably while meeting environmental responsibility and worker well-being obligations. Organizations are able to reduce environmental risks, maintain safety standards compliance, and promote sustainability culture, with the introduction of innovative management frameworks. Sustainable practices in this domain are formed upon the basis of eco-friendly technologies integration, resources optimization, and risk assessment methodologies (Prokopenko et al., 2024).

Results of this study show important achievements made due to the use of sustainable management strategies to save the environment and protect employees. In ecological safety term, innovative waste management systems introduced ensured 35 % waste emission drop that strongly indicates its efficiency to fight against environmental dangers. In addition, the organization's overall carbon footprint was down 20 % thanks to transitioning towards renewable energy sources, like solar and wind power (World Bank, 2024). And it doesn't just help meet global climate goals – it allows organizations to stand out as environmental leaders.

Moreover, biodiversity zones on industrial premises created provided a solid contribution to the local ecological balance by increasing the diversity of flora and fauna by 15 % (World Bank, 2024) and explicitly demonstrated a commitment to environmental preservation. Intelligent waste management systems that were brought on board in ecological safety term has guaranteed 35 % unit reduced amount of waste release which shows how efficient it could be in fighting against environmental risks. Also, the switch to renewable energy such as solar and wind power brought the organization's total carbon footprint down by 20 % (World Bank, 2024). It's not just good for meeting global climate goals – it makes organizations look good for the environment. In addition, creating biodiversity zones on industrial premises added a significant enrichment to the local ecological balance in terms of 15 % increase of flora and fauna diversity and thus concrete implementation of ecological organization's environmental policy.

There were significant improvements in workplace safety metrics on the occupational protection side. A well-planned redesign of working spaces on the basis of ergonomic principles resulted in 25 % less workplace injuries which proves the significance of a thoughtful design to workplace well-being (WIPO, 2024). In conjunction, introducing structured training programmes markedly enhanced employee knowledge of safety procedures with 40 % rise in retention level and application of the same. It was these programs which brought about a safety and vigilance culture among different levels in the organization. In addition, real time monitoring of hazardous conditions helped reduce incident response times by 50 %, and therefore, allows for quicker risk mitigation and less potential effect on workers.

These strategies also offered benefits beyond ecological and occupational domains such as remarkable organizational gains (Ivanov et al., 2024). We can find such examples in the case of the sustainability initiatives, which generated a 30% jump in employee satisfaction and show the relation between sustainability and employee morale. However, the overall economic efficiency does not damage sustainability, in the sense that, there is a case that the adoption of

such energy efficient technologies and waste reduction measures leads to 18 % cost saving (World Bank, 2024). An improvement to the regulatory compliance rates to 95 % contributed to a decrease in the fines or fines or fines and penalties risk and enhancing the legal standing of the organization.

Collectively these results support the use of sustainable management strategies that yield safer, environmentally friendlier, and economically viable organizations. Additionally, the study demonstrates that a focus on safety of ecological end points and safety of workers meet both ethical and regulatory demands, and generate tangible benefits for the organization and other stakeholders.

Results emphasize the importance of ecological safety and occupational protection through the sustainable management strategies. The integration of renewable energy and waste management system into organizational processes has been marked by considerable reduction in hazardous emissions and carbon footprint. In addition to providing buffering from environmental risks for companies, these measures allow companies to signal their ecological responsibility leading to reputation from stakeholders.

Results of workplace safety metrics improvement demonstrate the importance of proactive risk management in cooperation with employees for creating a safe and productive work environment. Human capital investment has shown that training programs and ergonomic interventions are critical, yet necessary, in achieving long term, sustainable goals.

In addition, the financial advantages seen in cost savings and regulatory requirements prove that there are value benefits to sustainability, other than being the ‘right thing to do.’ This is exactly why sustainability must always be embedded in core management strategies to invoke this dual advantage of managing ecological and occupational safety, however it needs to be without jeopardizing organizational performance.

Suggestions for improving sustainable practices for ecological safety and occupational protection based on the results of this research are offered. In today’s world, advanced technologies and the power of real-time monitoring system and predictive analytics are what organizations should be prioritizing and integrating into the ongoing process to proactively identify and mitigate ecological and occupational risks. When our risk management tools can provide actionable insights and our ability to react quickly to potential threats, these tools can improve decision making. Furthermore, investments in renewable energy sources including solar, wind and biomass should be ramped up to reduce environmental impact and contribute to achieving global sustainability targets. Organisations need to explore the scope for the implementation of the principles of the circular economy, including reuse of waste and recycling, to reduce still further resource use and environmental damage.

By embeding ergonomic principles in the design of workspaces and equipment, workplace safety can improve quite a bit. The employers should perform frequent hazard evaluations and make workflow change as required to reduce any risks. For this reason, comprehensive training programs are required to increase employees’ knowledge and skills to obey safety protocols. The workplace risks programs should be made specific or suited to specific workplace risks and should be carried out periodically to maintain the workers’ sustained awareness and compliance.

Organizations need to lay down clear policies that will form a springboard for an organizational culture of sustainability and safety that integrate ecological and occupational objectives into their strategic framework. Transparent communication and regular reporting on sustainability and safety performance is the expectation of leadership, i.e., on how this commitment is accomplished. Furthermore, collaboration with external stakeholders such as regulatory bodies, local communities, and industry peers are capable of strengthening the effectiveness of such strategies. Partnerships though for knowledge exchange and resource sharing can speed up the progress and will be aligned with the present standards and best practices.

In this regard, they should use financial incentives – by giving tax breaks and subsidies, only – to cushion those who take up the initial investment in sustainable technologies and in turn entice more to adopt the same. Finally, it is also an obligation of the organizations towards assessing strategy to gauge how well it is performing. Feedback mechanisms (e.g., surveys of customers and the community) can provide valuable insights as to how policies might be refined or where emerging hot spots need to be hit. These recommendations, when adopted, can help organizations safe, preserve ecological asset simultaneously and maintain long run operational efficiency.

In contemporary organizations ecological safety and occupational protection depend on sustainable management strategies. Business can effectively tackle some of the most important environmental and safety issues by leveraging eco-friendly practices, investing in modern technologies and making employees welfare a priority. This study's results show that sustainable practices do more than reduce risks and boost compliance – they can yield tangible economic and reputational benefits.

Furthermore, future efforts should concentrate on the continuing research into the emerging technology, the building of global collaboration and embedding the principles of sustainability into the organization culture. If organizations adopt such strategies, ecological and occupational long-term safety, including broader sustainability objectives, can be achieved.

REFERENCES

1. Prokopenko, O., Chechel, A., Koldovskiy, A., Kldiashvili, M. (2024). Innovative models of green entrepreneurship: Social impact on sustainable development of local economies. Economics Ecology Socium. 8. 89–111.

2. Ivanov, A., Remzina, N., Kolinets, L., Koldovskiy, A., Odnolko, V. (2024). Development and management of the tourist and recreation complex as a strategic direction of the tourism economy in the system of sustainable development. AD ALTA-Journal of interdisciplinary research. Magnanimitas. 14(1). 252–256.

3. World Intellectual Property Organization. (2024). Global Innovation Index 2024. World Intellectual Property Organization. Retrieved January 10 2025. URL: https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/

4. World Bank. (2024). Entrepreneurship. World Bank. Retrieved January 10 2025. URL: https://www.worldbank.org/en/programs/entrepreneurship

UDC 530.17+536.7+541.8(11)

MATHEMATICAL MODEL OF THE PURIFICATION PROCESS OF GASEOUS HYDROGEN FROM ACCOMPANYING IMPURITIES BY USING OF SORPTION METAL HYDRIDE TECHNOLOGIES

***Kondratenko O.M.*[1]**, *Dr. Sc. (Tech.), Professor,*
***Umerenkova K.R.*[1]**, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor,*
***Koloskov V.Yu.*[1]**, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor,*
***Koloskova H.M.*[2]**, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor,*
***Lytvynenko O.O.*[1]**, *Cand. Sc. (Philology), Associate Professor,*
***Borysenko V.H.*[1]**, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor*
[1]*National University of Civil Protectin of Ukraine of SES of Ukraine,*
[2]*M.E. Zhukovsky National Aerospace University «KhAI» of MES of Ukraine*

Production, storage, transportation and use of hydrogen as the most environmentally safe and energy-efficient motor fuel is a very relevant and promising innovation environment protection technology. The study analyzes the systems for generation, purification, transportation and storing of gaseous hydrogen as the alternative renewable energy source for ensuring the level of ecological safety of power plants with reciprocation internal combustion engines exploitation process on the example of units of firefighting and emergency rescue equipment of institutions of the SES of Ukraine [1–4]. The purpose of the study is to improve the description of the process of purifying gaseous hydrogen from associated impurities during its production, storage and transportation processes based on the results of mathematical modeling analysis using improved mathematical apparatus based on modified thermodynamic perturbation theory. The main part of the research is devoted to the adaptation of the mathematical apparatus of the modified perturbation theory to describe the sorption processes of the interaction of hydrogen, which is in the state of a gas mixture, and intermetallic compounds of the $TiMn_{1,5}$ type. It is shown that based on sorption metal hydride technologies of the $TiMn_{1,5}$ type it is possible to achieve ultra-high purity of gaseous hydrogen as a commercial product when using it as an ecologically safe, renewable type of motor fuel. 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 $TiMn_{1,5}$, based on the application of the lattice gas model for metal hydrides.

A list of recommendations and organizational and technical measures has been developed to implement this type of environmental protection technologies in the practice of the institutions of the SES of Ukraine, in particular the operation of firefighting and emergency rescue equipment units with reciprocating internal combustion engines, both during times of armed aggression and during the post-war reconstruction of critical infrastructure and economic potential of our country and ensuring compliance with the requirements contained in the Order of the SES of Ukraine No. 618 (on the main activities) dated September 20, 2013 «On approval of the Regulations on the organization of ecological support of the State Emergency Service of Ukraine» and in the historical perspective of achieving the sustainable development goals contained in the Decree of the President of Ukraine No. 722/2019 dated September 30, 2019 «On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030». The results of computational studies using the mathematical apparatus suggested by the authors are shown in Figure 1.

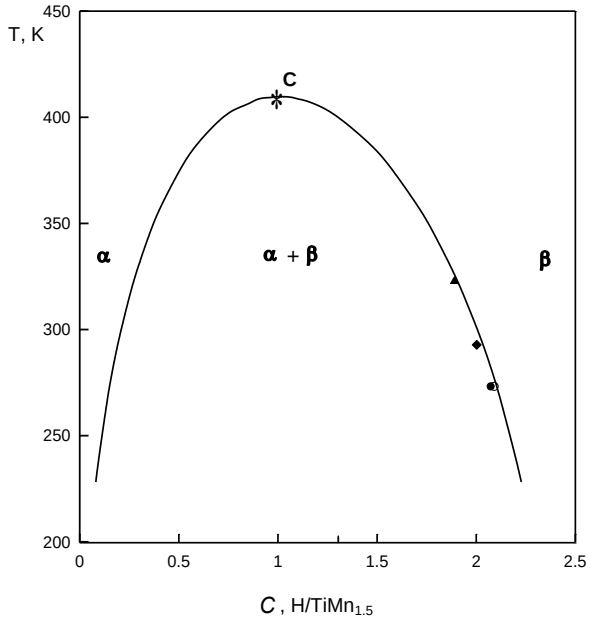


Fig. 1. Decomposition curve of homogeneous phases of the $TiMn_{1.5}$–H_2 system into disordered α-, β-phases: ——— calculation results; *C – critical point of α–β-equilibria (calculation); ○ and ●,♦,▲ – experimental results on H_2 desorption.

This study has been carried out as part of the scientific and research work of the Department of Environmental Protection Technologies of the Educational and Scientific Institute of Management and Population Safety of the National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine «Development of a methodology for complex assessment of the impact of exploitation and application of special equipment on the environment in conditions of military aggression» (State Registration № 0124U000374, 01.2024–12.2026). At the same time, materials from the VCU library system have been used, including electronic versions of journals and other materials, databases, interlibrary subscription as part of participation in Non-Resident Academic Associates program co-sponsored by the College of Humanities and Sciences at Virginia Commonwealth University (VCU) and the Davis Center for Eurasian Studies at Harvard University in 2024–2025 academic year.

REFERENCES

1. 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

2. Umerenkova, K., Kondratenko, O., Koloskova, H., Lytvynenko, O., Borysenko, V. (2024). Using of Hydrogen Sorbtion Storing Technology based on Metal Hydrides for Cooling of High-Power Electric Generators with Steam Turbines. Advances in Science and Technology. 156. 103–115. DOI: https://doi.org/10.4028/p-M1k2Ya

UDC 504:623.363

IMPACT OF MINING ON THE TERRITORY OF UKRAINE ON ECOLOGY

Venher K.O.*[1]*,
Venher O.O.*[2]*, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor,*
Kuznetsov S.I.*[2]*, *Cand. Sc. (Tech.),*
[1]*Dnipro State Medical University,*
[2]*Kherson National University*

Ukraine and its society have experienced many wars, each of which involved the use of a large number of different weapons. This resulted in the death of people, the destruction of infrastructure, and a very strong impact on the country's ecology. After a full-scale invasion, this problem became even more urgent.

According to the UN, as a result of hostilities, Ukraine is the most mined country in the world. A very large territory of our country is contaminated with explosives, which differ in their principle of action and consequences: anti-personnel high-explosive mines, fragmentation mines, anti-vehicle mines, cluster munitions, as well as improvised explosive devices.

The war in Ukraine is distinguished by the fact that the enemy, using all types of weapons, leaves behind bodies and mines the territory by setting "iron traps". Due to the russian invasion, our country has become one of the world leaders in the contamination of the territory with explosive objects: since 2014, about 150–180 thousand sq. km have been affected, which is 25–30 % of the entire territory of the country [1]. This indicates that it will take sappers decades to neutralize and clear the territory of mines and shells that have not exploded.

Considering the fact that the war began in the country even before the full-scale invasion, part of the territory of Ukraine, namely the Donetsk and Luhansk regions, has already been affected and mined. After the invasion of the enemy on February 24, 2022, wherever active hostilities are taking place and in the occupied territories, the enemy conducts mining, strikes the territory with various projectiles, including those prohibited by the Geneva Conventions. And therefore causing great harm to the ecology of our state.

The natural reserve fund of our state is also being destroyed, because the enemy is conducting combat operations on the territories of the natural reserve fund of Ukraine. Thus, the territories of the Emerald Network with an area of 2,9 million hectares are under threat of destruction. All this habitat for thousands of species of plants and animals. These areas play an important role in protecting biodiversity and preserving the climate.

Part of the forests in Kyiv, Chernihiv, Sumy, Luhansk, Donetsk, and Kherson regions were damaged as a result of the hostilities. There are a large number of fallen shells and unexploded ordnance in the woods. In addition, hostilities disturb the peace of wild animals, birds, insects, they either die or try to escape from the territory of active hostilities [3].

The enemy destroys not only civilian objects, critical infrastructure and industrial facilities, but also military infrastructure - airports, ammunition depots (Krasnopillya, Kryvyi Rih, Dnipro and Zhytomyr), airfields and their fuel tanks (Gostomel, Chuhuiv, Chornobayvka, Melitopol, Ivano-Frankivsk, Mykolaiv, etc.), as well as naval facilities. However, the vast majority of shelling falls on settlements and industrial facilities.

During the detonation of rockets and artillery shells, about 50 types of hazardous chemical compounds are formed, including: carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2), water vapor (H_2O), brown gas (NO), nitrous oxide (N_2O), nitrogen dioxide (NO_2), formaldehyde (CH_2O), cyanide vapor (HCN), nitrogen (N_2), as well as a large amount of toxic organics, oxidize the surrounding soil, wood, turf, and structures [3, 4]. As a result of the explosion, all these chemical substances are completely oxidized, and the products of the chemical reaction are released into the atmosphere. The main ones, carbon dioxide and water vapor, are not toxic, but they affect climate change because they are both greenhouse gases. Substances such as sulfur

and nitrogen oxides in the atmosphere can cause acid rain, change the pH of the soil and cause plant burns. Acid rain also has a negative effect on the human body, animals and birds, affecting the condition of the skin, mucous membranes and respiratory organs [2, 3]. In addition, after an explosion, metal fragments of ammunition enter the environment, which contain not only iron and carbon, but also other impurities, such as sulfur and copper. Once in the soil, these substances can migrate to groundwater and enter the food chain, thus causing harm to animals and humans. However, explosive munitions are not only a chemical, but also a mechanical impact on the environment. The blast wave leads to soil erosion, which further exacerbates the issue of climate change [5].

The war that russia unleashed against Ukraine has become not only a tragedy for society, but also an ecological catastrophe. Pollution of soil, water and air, destruction of forests and protected areas are the terrible consequences of Russian aggression.

31 % of the country's territory is at risk of ecological destruction due to the Russian invasion, and more than 20 thousand km² of Ukrainian lands have been almost completely destroyed by the war. These data were published in reports by the Kyiv School of Economics and Zoi Environment Network [2]. It is about the fact that demining the country will take several tens or even hundreds of years. These figures are terrifying in terms of the scale of destruction and the consequences for Ukrainians.

Unfortunately, active hostilities continue, and every day the country's ecology suffers more and more: air pollution due to shelling of industrial facilities, forest fires, and explosions of ammunition; soil pollution by chemicals and heavy metals; pollution of water resources by sewage, oil and other harmful substances; destruction of ecosystems and loss of biodiversity; destruction of nature reserves and objects of the nature reserve fund, all of these are consequences of the war.

REFERENCES

1. Вероніка Соцкова Смертельні сюрпризи війни: як мінування території України впливає на екологію. URL: https://eco.rayon.in.ua/topics/550513-smertelni-syurprizi-viyni-yak-minuvannya-teritorii-ukraini-vplivae-na-ekologiyu

2. Природа в небезпеці: воєнні злочини та екоцид внаслідок російської агресії. URL: https://firtka.if.ua/blog/view/priroda-v-nebezpetsi-voienni-zlochini-ta-ekotsid-vnaslidok-rosiiskoyi-agresiyi

3. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. URL: https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAzvC9BhADEiwAEhtlN7_oM_5_bKjMNlIqHQQ6VsWT1miJh-873Dp8UJ80DGE

4. Війна та екологія: чому природа стає жертвою збройного конфлікту? URL: https://iaa.org.ua/articles/vijna-ta-ekologiya-chomu-pryroda-staye-zhertvoyu-zbrojnogo-konfliktu/

5. Як війна впливає на родючість ґрунтів та якість їжі. URL: https://ecoaction.org.ua/vijna-vplyvaie-na-grunty.html

UDK 574:004.942

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ALTSHULER'S ALGORITHM IN MODELLING THE STRATEGY FOR CRYPTIC FISH COLORING

Vysotska O.V., *Dr. Sc. (Tech.), Professor,*
Strashnenko H.M., *Ph.D (Tech.), Associate Professor,*
Bespalov Y.G.
National aerospace university "Kharkiv Aviation Institute"

Today, artificial intelligence (AI) is actively used in various fields of activity, in particular in the analysis of complex systems and situations. Combining AI with classical analysis methods is an important direction. These methods are based on the logic of describing natural phenomena using natural languages (English, Ukrainian, etc.). The well-known Altshuller invention algorithm (AIA) is one such method [1]. In this study, the combination of AIA with AI methods was used to simulate the adaptation strategy for cryptic fish coloring of the species Carassius carassius. In particular, available AI methods, such as Chat GPT 3.5, were used to analyze the adaptive mechanisms of this fish species.

The following text was proposed for the AI analysis: "Younger fish should have a protective cryptic coloration (hereinafter referred to as "coloration"), which camouflages them against the background of the mottled bottom. Therefore, the color of younger fish should be variegated. Older fish should be camouflaged against a monochromatic background of the water column. Accordingly, the color of older fish should not be variegated."

Based on this text, the AI had to answer three questions:

1. What are the characteristics of an ideal fish color pattern?
2. What contradictions are contained in this ideal pattern?
3. How can these contradictions be resolved by separating them in time or space?

Based on the results of the text analysis, the AI gave the following answers to these questions.

According to the text, the ideal coloring of fish should correspond to their age and habitat:

– for young fish: the coloring should be variegated to provide camouflage against the variegated bottom;

– for adult fish: the coloring should be non-variegated (monotone) to camouflage them in the uniform, thick water.

The contradiction is that the coloration that is ideal for young fish is not suitable for adults, and vice versa. If a fish is to maintain the same coloring throughout its life, it will not be able to camouflage itself equally effectively in different environments that correspond to different stages of its development.

The contradiction can be resolved as follows:

– time separation. Fish can change their color as they mature. For example, young fish have a variegated coloring for camouflage on the bottom, but with age their coloring becomes uniform, which provides protection in thick water;

– spatial separation. Young fish and adults can live in different places. Young fish remain near the mottled bottom, while adult fish move into open water. Thus, each age group finds themselves in an environment where their coloring is most effective.

The result obtained by combining AIA and AI methods was verified by analyzing the system colorimetric parameters (SCP) of digital photos *Carassius carassius*. These photos are in the public domain. To do this, the RGB parameter values were initially determined for each pixel of a digital photo using a program implemented in Python. We are talking about the SCP associated in the well-known [2] Margalef succession model (MMS) with photosynthetic productivity and stability of the plant community. In our case, we consider the SCP of the

bottom plant community – phytobenthos. In the work [3] it is shown that the role of such SCP can be performed by parameters obtained by computer analysis of RGB components – a model of a digital photo. In this case, the parameter G/(R+G+B) corresponds to photosynthetic productivity, and the parameter R/G corresponds to stability. It was assumed that a more variegated fish coloring corresponds to a greater variety of combinations of values of the parameters G/(R+G+B) and R/G. This corresponds to the predominance of negative Pearson correlations between the values of these parameters in the entire set of image pixels. It was also accepted that a lower diversity fish coloring corresponds to a weakening of the tendency toward a high negative correlation of these parameters. Thus, the indicated Pearson correlation plays the role of the SCP, which characterizes the fish coloring. These SCP were compared, measured for size-age groups with a body length of 50–100 mm (sample L50-100) and 150–200 mm (sample L150-200). In the L50-100 sample, in four cases out of four, a negative value of this SCP was observed with an absolute value greater than 0,40. In the L150-200 sample, in four cases out of four, a negative value of this SCP with an absolute value less than 0,40 or a positive value was observed. Using Fisher's exact method for qualitative effects in small samples allows us to detect a statistically significant ($p<0,05$) effect. It indicates a greater significance of cryptic coloration variegation in younger age groups of Carassius carassius. This confirms the above conclusion obtained by the analysis with a combination of AIA and AI methods.

The results obtained confirm the possibility of effectively using a combination of AIA and AI to analyze the adaptation strategies for cryptic fish coloring. This opens up new prospects for the use of automated technologies for monitoring the state of ichthyofauna, which can be used for biotesting of water supply safety.

REFERENCES

1. Altshuller, G. The Invention Algorithm TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. URL: http://www.evolocus.com/Textbooks /Altshuller2007.pdf (дата звернення 16.01.2025 р.)

2. Margalef, R. (1967). Some concepts relative to the organization of plankton. Oceanography and Marine Biology annual review. 5. 257–289.

3. Bespalov, Y., Nosov, K., Kabalyants, P. (2017). Discrete dynamical model of mechanisms determining the relations of biodiversity and stability at different levels of organization of living matter. bioRxiv. DOI:10.1101/161687

УДК 621.01

RESEARCH ON FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Shust B.,
Balduk P.G., *Ph.D., Associate Professor*
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

As a result of the war in Ukraine, both entire buildings and elements of their structures are damaged. In the case of minor damage, arises the question of the feasibility of conducting a technical inspection and preparing design documentation for their further repair (reconstruction).

For some modern damaged objects, there is already an analytical model that takes into account the damage of its elements. The aim of this work is to study the influence of the location of column damage on the redistribution of the stress-strain state in the frame elements of reinforced concrete structures.

As a rule, a column in analytical models of such structures is approximated by a single one-dimensional finite element, but to model the damage location it must be approximated by a set of consecutive finite elements. It is assumed that as a result of damage to the column, the geometric characteristics (area and axial moment of inertia) of its certain section decrease. Two variants of column damage are possible - conditionally symmetric and asymmetric (Fig. 1)

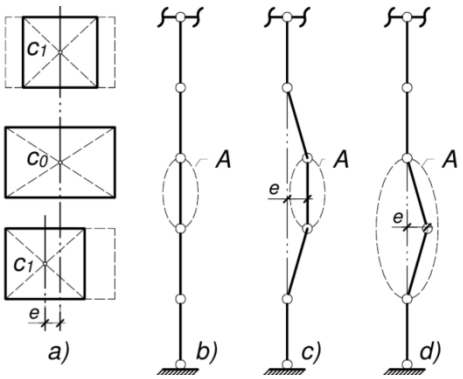


Fig. 1 Column models with symmetrical (asymmetric) cross-sectional damage

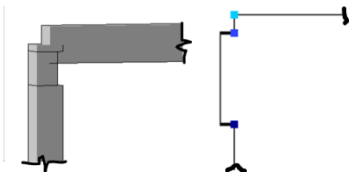


Fig. 2 Fragments of the frame assembly: a) 3- D model; b) analytical model

Modern software calculation complexes allow for taking into account column damage. Computer studies of the stress-strain state of the U-shaped frame model revealed:

1) the greatest redistribution of bending moments occurs when the cross-section is damaged in the upper part of the column, and of transverse forces - when the cross-section is damaged in its central part;

2) a greater redistribution of bending moment values corresponds to damage from the compressed (during bending) section of the column (Fig. 2);

REFERENCES

1. Balduk, P., Chuchmai, O., Balduk, G. (2024). Taking into account damage to the strut in analytical models of structures. Proceedings of the 10th International Scientific and Technical Conference. Odesa: ODABA, 19–23.

УДК 621.01

ПОРІВНЯННЯ РОЗРАХУНКІВ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ РІЗНИМИ ПРОГРАМНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Скутін О.А,
Балдук П.Г., *к.т.н., доцент*
Одеська державна академія будівництва та архітектури

За допомогою комплексу програм, які поєднуються в проектах BIM, створена інформаційна 9-ти поверхова модель житлової будівлі. Побудова інформаційної моделі виконана в Autodesk Revit. Завдяки сучасним розрахунковим програмнім комплексам, таким як Ліра-САПР, SCAD та Robot Structural Analysis (RSA) можна ефективно моделювати конструкцію будівлі, враховуючи також складні динамічні навантаження, що виникають під час землетрусів.

В якості порівняння результатів вказаних розрахункових комплексів переглянемо результати нижнього армування для типової плити перекриття неправильної форми . Графічне зображення порівняння розрахунків представлено на рис. 1.

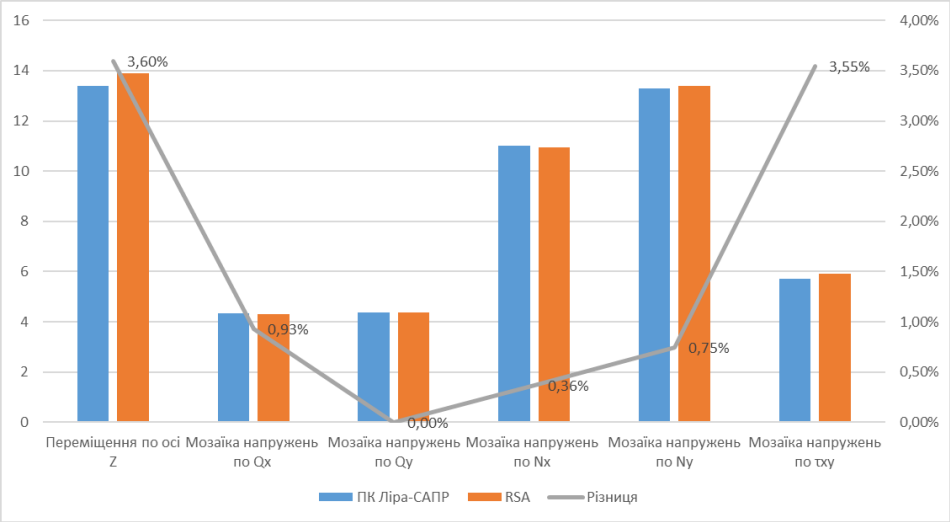


Рис. 1. Гістограма порівняння розрахунків.

Похибка розрахунків в комплексах ПК Ліра-САПР та RSA не перевищує 4 %. Виходячи з цього, для отримання результатів можливо використовувати будь-який комплекс. Проте, враховуючи швидкодію, зручність і можливість більш гнучкого налаштування комплексів, доцільніше користуватися ПК Ліра-САПР. Доцільність використання RSA обумовлена лише наявністю нормативних документів, діючих в країнах Заходу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стрелец–Стрілецький Е.Б, Журавльов А.В., Водоп'янов Р.Ю. ЛІРА–САПР приклади розрахунку і проектування. Під ред. Академіка РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецького. Видавництво LIRALAND Group, 2022. 635 с.

2. Robot Structural Analysis 2023. URL: https://help.autodesk.com/view/RSAPRO/2023/ENU/

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ

Авшаров Д.Г., Тригуб В.В., Мельник В.П. Дослідження часу блокування шляхів евакуації токсичними продуктами горіння при пожежах в виробничих будівлях ГЕС 5
Афанасенко К.А.*, *Васильченко Т.П. Когенераційні установки як альтернативні джерела енергії в умовах пошкодження об'єктів енергетики в Україні 7
Афанасенко К.А.*, *Денисенко В.М. Випаровування СПГ при розливі на непроникнену поверхню 9
Бенедюк В.С., Онищук А.Є. Протипожежна водяна завіса на основі використання горизонтальних водяних зрошувачів 11
Бодрик О.О., Отрош Ю.А., Щолоков Е.Е. Дослідження евакуації дітей в дошкільних навчальних закладах 13
Борсук О.В., Лешко А.В. Підвищення ступеня вогнестійкості несучих конструкцій вогнезахисним облицюванням на основі гіпсокартонних плит 15
Буднік С.В. Небезпека утворення сельових потоків, її складові та можливість запобігання 17
Вавренюк С.А. Дослідження удару блискавки у високовольтні лінії електропередачі 19
Гарбуз С.В., Карпова Д.І. Теплообмін та наслідки пожеж на промислових об'єктах нафтової та хімічної галузей 21
Гаврилюк К.Р., Підкопай К.Ю., Андрєєва Л.І. Дослідження напрямків удосконалення стаціонарних систем автоматичного водяного пожежогасіння 23
Гречка Н.В., Гой Т.О., Демидченко А.І., Виливок О.С., Лєсніченко Т.Ю., Мигаленко К.І. Особливості протипожежного водопостачання у будівлях з масовим перебуванням людей 25
Грищенко А.А., Рашкевич Н.В., Отрош Ю.А. Аналіз пожежної небезпеки об'єктів критичної інфраструктури 27
Дагіль В.Г., Даник О.М., Кучер Г.І. Проблеми та шляхи дослідження токсичности основних інгридієнтів антипиренов 29
Дармофал Е.А., Кручина В.В., Клеєвська В.Л. Інтеграція європейських стандартів у систему цивільного захисту України: виклики та перспективи 31
Дем'янець С.О., Яцковський Є.І., Сєриков В.І., Зінченко О.І. Аналіз застосування існуючих методик розрахунків зубчастих передач 33
Дерев'янко О.А. Аналіз способів фіксації осередкових ознак пожежі та шляхів їх удосконалення 35
Дмитрієвих П.Л., Назаренко С.Ю. Розробка пропозицій щодо регламентації проведення евакуації у разі загрози виникнення надзвичайної ситуації 37
Добростан О.В., Самченко Т.В., Ратушний О.В. Створення обладнання для визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання 39
Дягілєв К.А., Афанасенко К.А. Оцінка пожежної небезпеки при утворенні фрикційних іскор під час механічної обробки металів 42
Іваненко В.С. Фактори вразливості об'єктів перед терористичними нападами та шляхи їх подолання 44

Карабин О.О., Кордіяка І.М., Чіпчик А.М., Шуригін В.І., Карабин В.В. Методичні підходи до розробки комплексного індексу стійкості до катастроф: досвід ЄС 46
Касьонкіна Н.Д., Рашкевич Н.В. Розробка технічних рекомендації щодо запобігання поширення лісових пожеж на об'єкти енергетики 48
Катунін А.М., Кулаков О.В. Вплив домішок до основного матеріалу струмопровідної жили на температуру нагріву електричного проводу 50
Ковалишин Б.М., Балло Я.В. Програма-методика експериментальних вогневих досліджень з оцінювання обмеження поширення пожежі протипожежним карнизом 52
Ковбаса В.О., Кириченко О.В., Школяр Є.В. Особливості механізму та моделювання процесу горіння двокомпонентних піротехнічних сумішей на основі металевих пальних і фторопластів під впливом зовнішніх температурних чинників 54
Колосок К.С., Отрош Ю.А., Пурденко Р.Р. Вирішення задач по забезпеченню надійності будівельних конструкцій в ПК «ЛІРА-САПР» 56
Копачов М.В., Ященко В.Г., Рашкевич О.С. Вплив воєнних дій на ризики виникнення пожеж у закритих об'ємах 58
Крошка М.К., Шевченко О.С., Рашкевич О.С. Методика оцінки пожежної небезпеки сонячних панелей 60
Костирка О.В., Боровик Н.В., Торчевська Є.Е. Адресні системи охоронно-пожежної сигналізації 62
Кравченко Р.І., Гулик Ю.Л., Хроменков Д.Г. Про технічне регулювання балончиків для заправки запальничок та газових балончиків 64
Кравченко С.С., Черненко Я.Р., Новгородченко А.Ю., Поздєєв С.В. Методика обчислення несучої здатності вогнезахищених дерев'яних балок в умовах пожежі 66
Крайник Г.С. Запобігання нещасним випадкам в умовах воєнного стану у закладах освіти України 68
Крутій Ю.С., Сур'янінов М.Г., Карнаухова Г.С., Перпері А.О., Клименко О.М. Про аналітичний метод розрахунку кільцевих пластин на степенево-змінній пружній основі 71
Крутій Ю.С., Сур'янінов М.Г., Перпері А.О., Вакуленко В.В., Теорло Н.А. Про аналітичний метод розрахунку балок на експоненціально-змінній пружній основі 73
Куленко О.А., Стрижак С.В. Експериментальне визначення показників якості кератиновмісних біологічних відходів тваринного походження 75
Кучеренко В.Г., Рудешко І.В. Особливості фібробетону, як матеріалу для конструкцій захисних споруд цивільного захисту 77
Лаврик Р.С., Тригуб В.В., Грушовінчук О.В. Моделювання евакуації людей з громадських будівель 79
Лєвченко Д.Є., Афанасенко К.А. Аналіз пожежної небезпеки при коротких замиканнях у повітряних лініях 81
Маляров М.В., Парамонова К.О. Штучний інтелект, як інноваційний підхід до безпеки виробництва у вибухонебезпечних середовищах 83
Марков Д.А., Васильєв О.Б., Рашкевич Н.В. Принцип системного підходу до зниження пожежної небезпеки при термічній переробці полімерних відходів 85

Майборода Р.І. Необхідність розрахунку стійкості будівель
до прогресуючого обвалення при пожежі та вибуху 87
Мироненко А.А., Отрош Ю.А., Майборода Р.І. Дослідження протидимного
захисту підземних поверхів житлових будівель в умовах воєнного стану 89
Михайлюк-Філімонова Є.В., Тригуб В.В., Глабчук А.А.
Встановлення закономірності зв'язку між параметрами потоків людей
з обмеженими можливостями пересування 91
Неменуща С.М., Лисюк В.М. Запобігання пожежам на підприємствах
з переробки ефіро-олійної сировини 93
Нестеренко Б.Б., Назаренко С.Ю. Дослідження стану захисних
споруд цивільного захисту та розробка пропозицій
щодо необхідності укриття населення 95
Осадчук М.В., Ніжник В.В. Актуальність застосування компресійної піни
для гасіння пожеж на трансформаторних підстанціях 97
Панасенко А.А., Бондаренко С.М. Аналіз шляхів вдосконалення
конструкції генератора конденсованого аерозолю 99
Пастернак В.В. Застосування програмного забезпечення SCILAB
для дослідження математичних об'єктів 101
Пастернак В.В., Рубан А.В. Моделювання фізичних систем
із сферичними частинками: застосування періодичних граничних умов
та потенціалу Леннард-Джонса.....103
Пастернак В.В., Рубан А.В. Моделювання поведінки сфер із застосуванням
методу дискретних елементів 105
Пастернак В.В., Рубан А.В. Тестування мікро- та наночастинок
у динамічному середовищі методами C++ 107
Петухова О.А., Білаш Є.А., Швед А.В. Аналіз факторів, що впливають
на кількість пожежних кран-комплектів.....109
Петухова О.А., Бойко А.М. Розробка управлінських рішень щодо підвищення
рівня пожежної безпеки шляхом використання методу
випробувань електроізоляційних матеріалів
полуменевими джерелами запалювання 111
Підкопай М.Ю., Підкопай К.Ю., Андрєєва Л.І. Дослідження стану
пошкоджень будівельних матеріалів на місці пожежі 113
Посохов І.В., Запольський С.О., Рашкевич Н.В. Методи вивчення
фізико-хімічних процесів що впливають на самозаймання органічних відходів.....115
Поспєлов Б.Б., Рибка Є.О., Побідаш А.Ю., Маладика Л.В.,
Веретеннікова Ю.А. Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій
внаслідок пожеж на основі середньої бікогерентності небезпечних
параметрів газового середовища 117
Рашкевич Н.В. Визначення основних джерел забруднення ґрунтів
та водних ресурсів під час військових конфліктів.....119
Ринда Д.Д., Назаренко С.Ю. Розробка пропозицій щодо порядку
здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях 121
Рудаков С.В., Гармаш О.М., Коновал В.М. Дослідження розподілу
фракцій вогнегасячого порошку в нестаціонарному газовому потоці 123
Рудаков С.В., Гасан Г.І., Мамонтов І.В. Моделювання динаміки
пожеж автотранспортних засобів на автостоянках закритого типу.....125
Рудаков С.В., Попов Д.О., Кулеба О.М. Моделювання польотів
безпілотних авіаційних систем під час аналізу місця пожежі.....127
Рудаков С.В., Світана З.О., Турутанов О.Г. Математичне моделювання
процесу гасіння лісової пожежі капсулами з водою в активній оболонці.....129

Рудаков С.В., Хаблак І.О., Черепаха Р.Е. Інформаційно-аналітична оцінка заходів щодо запобігання поширенню пожежі між будівлями 131
Савенко Г.І., Алексеєв О.Р., Щотка Е.О. Дослідження теплодимокамер і вимог до їх влаштування та оснащення..... 133
Сагалович Ю.В., Тригуб В.В., Голоднов О.І. Вплив системи оповіщення на ефективність управління евакуації людей при пожежі 135
Сарахан К.В., Новгородченко А.Ю., Ковальов А.І. Актуальність використання програми SOLIDWORKS в комп'ютерній графіці для забезпечення безпеки об'єктів будівництва..... 137
Середенко Б.В., Рашкевич Н.В. Безпекові аспекти будівель споруджених за допомогою технології 3Д друку 139
Сиводед Д.О., Рудешко І.В. Залежність вогнестійкості залізобетонних плит від їх конструктивного виконання..... 141
Сидоренко В.Л., Демків А.М. Критерії опису надзвичайних ситуацій як просторово-часового процесу..... 143
Скориніна-Погребна О.В., Ємел'янова І.В., Стрілець В.В. Порівняльний гендерний аналіз впливу стрес-факторів на особистість демінерів недержавних операторів гуманітарного розмінування України..... 145
Скутін О.А, Балдук Г.П. Аналіз імовірної траєкторій руху людей при розробці об'ємно-планувальних рішень та дизайн проектів приміщень 147
Стежко Д.Є., Підкопай М.Ю., Рашкевич Н.В. Визначення осередку пожежі на автотранспорті..... 148
Стежко Д.Є., Смірнов А.В., Рашкевич Н.В. Оцінка пошкоджень будівельних конструкцій після надзвичайної події 150
Сур'янінов М.Г., Крутій Ю.С., Кіріченко Д.О., Клименко О.М. Дослідження кільцевих пластин на змінній пружній основі 152
Сур'янінов М.Г., Крутій Ю.С., Осадчій В.С. Міцність фібробетону при короткочасних та тривалих навантаженнях 154
Сур'янінов В.М., Нєутов С.П. Експериментальні дослідження фібробетонних водопропускних труб 157
Тесленко О.О., Борисенко В.Г. Подання нормативного акта як окремої функції та способи її вивчення..... 159
Тимощенко А.В., Барабаш М.С. Аналіз стійкості житлових висотних будівель до прогресуючого руйнування 161
Томенко В.І. Обстеження технічного стану громадської будівлі, пошкодженої внаслідок потрапляння засобів ураження 163
Трубчанінов І.О., Антошкін О.А. Моделювання задачі проектування розподільчої мережі системи водяного пожежогасіння 167
Федченко С.М., Нуянзін О.М., Степаненко В.О., Ведула С.А., Федченко І.В. Моделювання теплового впливу пожежі на сталезалізобетонні плити з гофрованим профілем..... 169
Фенько Р.Г., Афанасенко К.А. Пожежна небезпека технологічних процесів повязаних із транспортуванням природного газу 171
Фещук Ю.Л., Ніжник В.В., Циганков А.О. Особливості розповсюдження пожежі в приміщенні базової станції мобільного зв'язку..... 173
Цвіркун С.В, Мельник В.П., Удовенко М.Ю. Розрахунок часу евакуації під час пожежі з операційного блоку клінічної лікарні..... 175
Чумак Р.В., Грецький Д.В., Березань М.О. Напружено-деформований стан армованого бетону при дії на нього вибухових речовин в огороджуючих конструкціях захисних споруд цивільних будинків..... 177

Шабельник А.О., Тригуб В.В., Харченко Р.С. Аналіз небезпеки ціаністого водню при пожежах на об'єктах енергетики 179
Шершньова Ю.Л., Скатков Л.І, Рашкевич Н.В. Забезпечення пожежної безпеки на будівельних майданчиках 181
Krutii Yu.S., Perperi A.O., Velychko D.V. About the analytical calculation of free oscillations of circular plates resting on a power-variable elastic base 183
Nagrockiene D., Grigonis M. Influence of atmospheric effects on the performance of steel structures protected by fire protection coatings 185
Nikiforov G.S., Cherednikov O.M., Chupryna V.M., Yurchenko M.E. Model of effectiveness of application of remote controlled combat modules 187

СЕКЦІЯ 2. МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Борщак А.М., Голембієвський Р. Є., Землянський О.М. Використання нечітких множин та вимірювань концентрацій для прогнозування наслідків хімічних аварій 189
Голуб Р.В., Дурєєв В.О. Моделювання роботи чутливого елемента з м'якого фериту в умовах високих температур, з урахуванням закону блоха і температурних властивостей.....191
Закарлюка А.П., Дурєєв В.О. Математична модель магнітноконтактного теплового пожежного сповіщувача з феритними наночастками, що задовольняють рівнянням Ейлера-Маклорена 193
Іванов С.А. Інтернет речей (IoT) у пожежній безпеці 195
Курепін В.М. Моніторинг розвитку лісових пожеж.....197
Михайловська Ю.В., Михайловський Ю.І. Інформування населення у період воєнного стану 199
Петухова О.А., Єфимова Д.В. Моніторинг та розробка управлінських рішень щодо підвищення рівня пожежної безпеки газонаповнювальної станції ТОВ «ТЕРМІНАЛ ЛПГ».....201
Рибальченко О.О., Отрош Ю.А., Щеголева М.Г. Дослідження застосування систем штучного інтелекту для вирішення задач пожежної безпеки 203
Рудаков С.В., Сокорева Р.М., Даник Ю.О. Програмно-апаратний комплекс безпровідного моніторингу пожежної безпеки об'єктів енергетики 206
Сидоренко В.В., Миргород О.В. Оцінка особливостей надзвичайних ситуацій, спричинених пожежами в результаті вибухів на об'єктах критичної інфраструктури 208
Тарнавський А.Б., Тур Н.Ю. Порядок визначення залежностей між інфраструктурними системами критичної інфраструктури 210
Щербак С.М., Басюра К.Д. Особливості підвищення кваліфікації працівниками ДСНС України 212
Matsuka V.M., Horbashevska M.O. Global monitoring and management practices in civil protection: innovations and effective strategies.....214

СЕКЦІЯ 3. РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

Амлін Б.В., Белюченко Д.Ю. Особливості підготовки рятувальників-верхолазів до проведення висотно-рятувальних робіт.....216

Бандурян Б.Б., Іванова Ю.В., Колосков В.Ю., Колоскова Г.М. Виявлення та ідентифікація уражуючих об'єктів методами інфрачервоного сканування 218
Басманов О.Є., Карпова Д.І. Визначення щільності теплового потоку від резервуарів з нафтопродуктами, що горять 220
Басманов О.Є., Олійник В.В. Моделювання охолодження водою стінки резервуара з нафтопродуктом в умовах пожежі 222
Бородич П.Ю., Пишний О.В. Розробка імітаційної моделі оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур 224
Бородич П.Ю., Тряпкін К.Д. Багатофакторна імітаційна оцінка оперативного розгортання особового складу пожежно-рятувального автомобіля з установкою на пожежний гідрант в умовах низьких температур 226
Грищенко Д.В., Шахов С.М. Виявлення впливу модифікованих добавок на вогнегасні властивості компресійної піни 228
Дубінін Д.П., Гончарук М.В. Математична модель заповнення водою ствола установки пожежогасіння 230
Квак Ю.В. Судова експертиза у розслідуванні надзвичайних ситуацій 232
Колесніков Д.В., Кісь О.О., Савчук В., Жила Є.В. Розробка конструкції мобільної установки для гасіння пожеж тонкорозпиленою водою 234
Колесніков Д.В., Савчук В., Кісь О.О, Жила Є.В. Спосіб розпилення потоку вогнегасної рідини 236
Компан В.В., Федоренко Д.С. Виклики та перспективи впровадження пневматичних рятувальних подушок в Україні 238
Кришталь В.М., Будзінський О.П., Чуєв В.Д. Міжнародний досвід та стандарти комплектування аварійно-рятувальної техніки 240
Курепін В.М. Органи управління цивільного захисту міста: функції та задачі 243
Курило А.Г. Надзвичайні ситуації в резервуарних парках в умовах воєнних дій: особливості та виклики 245
Кустов М.В., Карпов А.А., Яужева О.О. Електромагнітний метод виявлення вибухонебезпечних матеріалів 247
Лозовюк І.В., Грицина І.М. Застосування ризик-орієнтованого підходу до тактичних дій оперативно-рятувальних служб при аваріях на об'єктах зберігання нафтопродуктів 249
Мельник В.О., Ведула С.А. Полістпас як засіб рятування постраждалих з відємної висоти 251
Мельниченко А.С. Методика визначення мінімальних показників обплетення та сердечника статичних мотузок згідно з вимогами стандарту EN 1891:1998 253
Мельниченко А.С., Іваненко Я.С. Методика вимірювання максимальної сили ривка та оцінка кількості витриманих ривків статичної мотузки згідно з вимогами стандарту EN 1891-1998 255
Неклонський І.М. Структурно-функціональна модель взаємодії при ліквідації наслідків НС 257
Овсій О.М., Овсій Д.М. Про основний критерій при проектуванні захисних споруд цивільного захисту з урахуванням необхідної (вимушеної) евакуації з існуючих будівель і споруд 259
Остапов К.М. Розробка проекту удосконалення візка підвагонного гасіння з розпилювачем гелеутворюючих складів 261
Остапов К.М. Розробка стенду випробувань вогнегасної ефективності гасіння модельних пожеж нейтральними газами 263

Панчишин Ю.І. Проведення розвідки під час гасіння пожеж
за допомогою безпілотних літальних апаратів.....265
Пасинчук К.М., Мазур Є.М., Мазур Ю.М., Мурич Є.В., Фрусевич І.О.
Організаційно-управлінські аспекти гуманітарного розмінування
та протимінної діяльності органів та підрозділів цивільного захисту
в умовах війни 267
Петухова О.А., Швед А.В., Білаш Є.А. Аналіз методів ліквідації
торфових пожеж 270
Півторацький В.В., Мірошніченко В.О. Деякі проблемні питання гасіння
пожеж в природних екосистемах.....272
Риков Д.Д., Белюченко Д.Ю. Особливості проведення оперативного
розгортання особовим складом пожежно-рятувального автомобіля.....274
Савельєв Д.І. Дослідження процесу гелеутворення на гаління пожеж
в екосистемах в умовах бойових дій 276
Сенчихін Ю.М., Дендаренко Ю.Ю., Парамонова К.О.
Стадії надзвичайних ситуацій.....278
Соботніцька О.О., Великий І.А., Томенко В.І. Особливості застосування
систем протипожежного захисту на промислових підприємств 280
Тарасов В.Ю., Крохмаль В.І. Основні принципи побудови
БПЛА-дослідника для моніторингу технічного стану
підземних об’єктів гірничодобувної промисловості 282
Толкунов І.О., Невлюдов І.Ш., Янушкевич Д.А., Гуца О.М.
Перспективні напрямки розвитку робото-технічних комплексів
для гуманітарного розмінування 284
Шевченко С.М., Луцик В.В. Порівняння українського спеціального
захисного одягу пожежних-рятувальників з канадським.....286
Щербина Р.Г. Принципи побудова станції страховки.....288
Horb O.G., Mytrofanov P.B, Skliarenko S.O., Holodnov O.I.
Research of the high-intensity dynamic loads effects on a monolithic
reinforced concrete frame building.....290
Tarasov V.Yu., Melnyk I.V. Optimization of the adsorption process
of acid red 88 azo dye by activation of granular activated carbon with glass chips 292

СЕКЦІЯ 4. ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ

Бордун І.М., Мальований М.С., Борисюк А.К., Нагурський Н.О.
Синтез, структура і адсорбційні властивості вуглецевих композитів
на основі субмікронного порошку заліза.....294
Волков О.О., Субботіна В.В., Краєвська Ж.В., Васильченко О.В.
Вплив вмісту вуглецю на характеристики зміцнення сталей при ДФДЗ 296
Григоренко О.М., Саєнко Н.В., Липовий В.О., Афанасенко К.А. Оптимізація
методу оцінки вогнезахисної ефективності покривів реактивного типу.....298
Данченко Ю.М., Андронов В.А., Карєв А.І. Прогнозування дисперсійної
складової вільної поверхневої енергії дисперсійно-наповнених
полімерних композитах 300
Кірєєв О.О., Гапон Ю.К., Нуянзін В.М., Даник О.М. Дослідження
вогнегасних властивостей багатокомпонентних систем
для гасіння полярних легкозаймистих рідин.....302
Кондратьєв А.В., Набокіна Т.П. Оцінка структурних дефектів
поверхні композитних сендвіч-панелей та їх допустимі розміри 304

Лесько А.С., Кулаков О.В. Інтенсивність нейтралізації небезпечних газів при осадженні дрібнодисперсною водою 306
Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Калашнікова В.С., Кочубей В.В. Вплив фосфатовмісних антипіренів на властивості кремнеземвмісних вогнезахисних покриттів для XPS 308
Кравцов М.М., Бажинов О.В. Пожежна небезпека акумулюючих систем електро- та гібридних автомобілів 310
Мельник О.Г., Мельник Р.П. Побудова системи управління хімічними речовинами за європейським зразком на території України 314
Михно О.А. Основні аспекти застосування хімічних технологій при радіаційному захисті 316
Старікова С.Л., Старіков В.В., Воронцов М.Ю. Особливості механічних властивостей анодних оксидів ніобію і танталу 318
Тараненкова В.В., Корекян П.М., Миргород О.В., Пирогов О.В., Репетило А.В. Вітчизняні декоративні будівельні вироби на основі доломіту полтавського регіону 320
Трегубов Д.Г., Майборода А.О., Гапон Ю.К., Журбинський Д.А., Баланда А.О. Дослідження електропровідності як параметру організації структури карбонізованих залишків 322
Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю., Каверін К.О. Обґрунтування умов застосування вогнезахисного покриття для деревини 324
Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С. Застосування новітніх біотехнологій для мінімізації наслідків забруднення води 326
Чиркіна-Харламова М.А. Моніторинг загроз хімічній безпеці в сучасних умовах 328
Шевченко С.М., Горова О.П., Погрібний М.А., Васильченко О.В., Реброва О.М. Моделювання дифузійного процесу перерозподілу азоту у сталі при комплексному іонному азотуванні 330
Шналь Т.М., Мацик І.Р. Розвиток пожеж в промислових будівлях з залізобетонним каркасом та їх вплив на шокодження будвельних конструкцій ... 332
Шуранков Є.О., Черненко О.М. Порядок оцінки медико-тактичної обстановки при хімічних аваріях та допомога 334
Lebedev V.V., Lytvyn A.O., Riabchenko M.A., Ivashchenko D.B. Study of the process of synthesis of functional fillers for polymer composites for protection against electromagnetic radiation 336

СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Адашевський О.В, Кочетов М.С. Дослідження потенціалу використання харчових відходів в якості компонентів палива 338
Алієва О.Г., Дьяковська Г.О., Копійко С.С. Проблема екологічної безпеки у XXI столітті 340
Бабенко В.М., Косенкова І.Д. Екологічна безпека та моніторинг водних об'єктів на сході України 342
Бармін І.В. Оцінка стійкості захисної споруди ангару для літаків при закритичних впливах 344
Богданова Н.Г. Чорноморський екоцид росії під час російсько-української війн ... 346
Бордакова І.І. Екологічна ситуація на прикордонні 348
Вітер І.М. Вплив війни та її наслідки на екологічну ситуацію в Україні 350
Белюченко Д.Ю. Підвищення інтенсивності зневоднення піску промисловими способами 352

Володіна К.О., Іващенко М.Ю. Оцінка умов праці на робочому місці кранівника козлового крану металургійного підприємства.....354
Горбачова О.С. Потенціал органічних відходів для енергетичного сектору.....356
Горишнякова Я.В., Аніщенко Л.Я. Використання методу аналізу ієрархій для оцінки екологічної безпеки видобування титану.....358
Гречка Н.В., Костенко Т.В. Шляхи підвищення рівня промислової безпеки на заводі переробки зерна за рахунок мінімізації небезпек.....360
Губенко Г.О., Пудровський В.О., Губенко А.О. Основні цілі та мета створення реєстру територій, забруднених/імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами.....362
Душкін С.С. Забезпечення екологічної безпеки систем водопостачання міст.....364
Єгорова Т.М., Бутрим О.В. Проблеми агроекологічного аналізу белігеративних земель.....366
Заярнюк О.В. Шляхи мінімізації екологічних ризиків та забезпечення безпеки праці у системі цивільного захисту.....368
Іщенко І.І., Осіпов Ю.О. Забезпечення промислової безпеки.....370
Калашник Т.В., Пітік І.В. Вплив криптовалютної індустрії на навколишнє середовище: техногенне навантаження, електронні відходи, енергоспоживання та вуглецевий слід.....372
Калінін В.А., Остропольський О.Р. До питання про моделі регулювання зайнятості: безпековий дискурс.....374
Калініна С.П., Воскобойник В.В. До питання про формування трудоресурсної безпеки України.....376
Ковтун Д.Є., Колосков В.Ю. Інтенсифікація процесу іонного обміну за рахунок магнітного поля.....378
Кочубей В.В., Ягольник С.Г., Мальований М.С., Крусір Г.В. Дослідження сорбційної здатності активованого клиноптилоліту.....380
Крючкова В.В, Соболєв С.А, Тихомирова Т.С. Екологічна оцінка методів переробки текстильних відходів та їх вплив на довкілля.....382
Кулініч С.С., Шкоп А.О., Босюк А.С., Шестопалов О.В. Закономірності агрегатоутворення та седиментації тонкодисперсних глинистих часток.....384
Кульман С.М., Горбачова О.Ю., Вишневський А.В., Мазурчук С.М. Щодо динаміки процесу гідратації-дегідратації деревини.....386
Курепін В.М. Практичні підходи до реалізації програми боротьби зі стресом на робочому місці.....388
Курочка М.О., Рейнвальд Б.С., Мацак А.О. Вплив пожеж (2022–2024) на викиди парникових газів в харківській області.....390
Курочка М.О., Рихлик К.В., Мацак А.О. Вплив воєнних дій (2022–2024) в Україні на кліматичні умови.....392
Логвінков С.М., Борисенко О.М., Іващенко М.Ю., Максименко О.А. Інноваційні технології вогнетривів в усуненні небезпечного фактору – потраплянню сполук Cr(VI) до портландцементу та біоценозу.....394
Макаренко Н.О. Визначення розміру шкоди внаслідок засмічення земель в результаті надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії.....396
Матющенко О.В., Єлізаров А.П., Шкоп А.О., Босюк А.С. Екологічні проблеми енергетичного комплексу.....398
Михаленко Є.К., Черненко О.М. Теоретичне обґрунтування екологічної безпеки.....400
Москаленко Г.С. Судова експертиза у розслідуванні екологічних злочинів та аварій.....402

Мотченко А.Ю., Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В. Аналіз фізико-хімічних властивостей паперових відходів для повторного використання в будівництві 404
Найдовська М.В. Механізми державного регулювання екологічної безпеки України 406
Носова Н.І. Екологічна безпека природних об'єктів та вплив непередбачуваних ситуацій на стан навколишнього середовища України 408
Пінчукова Ю.С., Рашкевич Н.В. Утилізації відходів будівництва, що утворились внаслідок бойових дій 410
Проскурнін О.А., Юрченко В.О., Цапко Н.С., Мельник С.В., Дем'янова О.О. Врахування метеоумов при розрахунку забруднення дощової води 412
Різник М.А., Ножко І.О. Аналіз техногенної безпеки сонячних електростанцій: загрози, ризики та можливості зменшення їх впливу на довкілля та суспільство 414
Сєрікова О.М., Голота В.В., Дереза О.С. Особливості забезпечення екологічної безпеки процесу транспортування нафтопродуктів в резервуарах 416
Скоб Ю.О., Халтурін В.О., Звягін А.Д. Чисельне дослідження стійкості до руйнування скла вікон під впливом вибухової хвилі 418
Скоб Ю.О., Халтурін В.О., Пономаренко С.А. Чисельне визначення небезпечної зони внаслідок аварійного пролиття токсичної рідини 420
Слівна Д.Ю., Букатенко Н.О. Перелік критерії, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності 422
Смирнов О.М. Розбирання гранатометних пострілів ПГ-9В, як запорука запобіганню несанкціонованих вибухів 424
Солодовнікова Л.М., Гриценко А.В., Маркіна Н.К., Яковлєв Є.О., Чумаченко С.М. Радіаційно-екологічні ризики затоплення шахти «ЮНКОМ» Донецької області 426
Стецяк Л.І., Хлібишин Ю.Я. Дослідження водостійких кремів із захисними властивостями 428
Товарянський В.І. Пожежі в природних екосистемах та їх небезпека для довкілля 430
Цимбал Б.М., Свіржевський П.В. Особливості забезпечення безпеки промислових роботів та маніпуляторів 432
Четвертак Т.Ю., Багорка А.М. Впровадження дихальної гімнастики серед молоді в умовах встановленого динамічного зростання хімічного забруднення атмосферного повітря поблизу зони бойових дій 434
Шаповалова Я.М. Виявлення порушень у системах екологічного контролю та охорони праці 436
Шаповалов В.А., Ляшенко В.І., Швець Д.В. Підвищення промислової та екологічної безпеки при впровадженні позадоменних методів отримання заліза 438
Шароватова О.П., Мацак А.О. Збереження ментального здоров'я працівників в контексті сучасного навчання з питань охорони праці 440
Шароватова О.П., Морозов А.І. Особливості трудової діяльності жінок і чоловіків в Україні в умовах війни 442
Kariev A.I., Sokol Ye.I., Gasanov M.I., Lebedev V.V. Research of reed and hemp stem waste for obtaining filled biocomposition materials 444
Koldovskyi A.V., Shafranova K.V., Dyvynska Yu.A. Sustainable management strategies for ecological safety and occupational protection 446

Kondratenko O.M., Umerenkova K.R., Koloskov V.Yu.,
Koloskova H.M., Lytvynenko O.O., Borysenko V.H.
Mathematical model of the purification process of gaseous hydrogen
from accompanying impurities by using of sorption metal hydride technologies 449
Venher K.O., Venher O.O., Kuznetsov S.I. Impact of mining on the territory
of Ukraine on ecology 451
Vysotska O.V., Strashnenko H.M., ***Bespalov Y.G.*** Artificial intelligence
and Altshuler's algorithm in modelling the strategy for cryptic fish coloring.....453
Shust B., Balduk P.G. Research on fire resistance of reinforced concrete structures...454
Скутін О.А, Балдук П.Г. Порівняння розрахунків плити перекриття різними програмними комплексами……..456

Наукове видання

«Problems of Emergency Situations»

Матеріали
Міжнародної науково-практичної конференції
14 травня 2025 року

Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: Національний університет цивільного захисту України, 2025. 468 с.

За зміст вміщених у збірник матеріалів
персональну відповідальність несуть автори

Відповідальний за випуск Ю.А. Отрош
Технічні редактори Н.В. Рашкевич, Ю.А. Отрош

Підписано до друку 25.04.2025 Формат А4 (60 х 84 1/8)
Гарнітура Times New Roman. Тир. 100
Обл. –вид. арк. 30,87. Ум. друк. арк. 54,29

Надруковано «ФОП» Супрун Т. О.»

Дата та номер запису в Єдиному державному реєстрі

23.09.2024 р. № 2010350000000647670

Україна, 61007 м. Харків, вул. Миру, 32.

Тел. 096 132 53 75