Міністерство освіти і науки України
Черкаський державний технологічний університет
Черкаська обласна державна адміністрація
Департамент цивільного захисту, оборонної роботи та взаємодії з правоохоронними органами Черкаської обласної державної адміністрації
Національний університет цивільного захисту України
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Український державний університет науки і технологій
Черкаська медична академія
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України
Черкаська обласна організація Товариства Червоного Хреста України
Громадська організація «Асоціація цивільного захисту»
Громадська спілка «Пожежні-рятувальники України»
ТОВ «ЦЕНТР СЛУЖБИ КРОВІ «БІОФАРМА ПЛАЗМА»»
Німецьке товариство міжнародного співробітництва (GIZ), Федеративна Республіка Німеччина
Пожежна рада міста Гамбург, Федеративна Республіка Німеччина
Об'єднана платформа «Пошук, рятування, медична та гуманітарна допомога», Турецька Республіка
Університет Східного Лондона, Сполучене Королівство Великої Британії і Північної Ірландії
Жилінський університет, Словацька Республіка
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, Литовська Республіка
Габровський технічний університет, Республіка Болгарія
Центр австрійсько-українських культурних досліджень, Австрійська Республіка

МАТЕРІАЛИ

І Міжнародної науково-практичної конференції

«ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕКИ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»

12–13 березня 2026 року, м. Черкаси

Том 1
ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ, ПОЖЕЖНА І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Черкаси 2026

УДК 614.8:351.86:004:502.1](036)
Т38

Рекомендовано вченою радою Черкаського державного технологічного університету, протокол № 11 від 16 березня 2026 р.

Відповідальний за випуск: *Цікановський В. Л.*

Т38 **Матеріали** І Міжнародної науково-практичної конференції «Технології безпеки: сучасні виклики та перспективи» : 12–13 березня 2026 року, м. Черкаси [Електронний ресурс] : у 2-х томах / упоряд. : І. Г. Маладика В. Л. Цікановський ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Т. 1. – Черкаси : ЧДТУ, 2026. – 397 с.

Обговорення концептуальних засад і стратегічних питань врегулювання безпекової складової у сучасних умовах. Підвищення ефективності заходів цивільного захисту територіальних громад. Розгляд наукових досліджень і розробок, пов'язаних із забезпеченням цивільної, пожежної, техногенної, екологічної безпеки, створенням і підтриманням безпечних умов праці, здоров'я та життєдіяльності людини. Розгляд нових безпекових рішень у суспільно-політичній, гуманітарно-правовій та інформаційній сферах. Перспективи застосування інформаційних та геоінформаційних систем і технологій; безпілотних літальних апаратів; робототехніки; захисту об'єктів енергетики та транспорту. Технології захисту у будівництві та відновленні інфраструктури в умовах глобальних викликів.

Для науковців, студентів, аспірантів та фахівців галузі.

УДК 614.8:351.86:004:502.1](036)

ТЕМАТИЧНІ СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Секція 1 Цивільний захист, пожежна і техногенна безпека та охорона праці.
Секція 2 Технології захисту у будівництві та відновленні інфраструктури.
Секція 3 Суспільно-політична, гуманітарно-правова та інформаційна безпека.
Секція 4 Екологічна безпека. Захист довкілля та здоров'я людини.

Матеріали збірника представлені мовою оригіналу. Кожен автор несе повну відповідальність за зміст своїх публікацій, достовірність фактів, цитат, власних імен та інших даних, точність і коректність посилань, дотримання засад академічної доброчесності.

© Авторські тексти, 2026

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

ГРИГОР	***голова оргкомітету*,**
Олег Олександрович	*ректор Черкаського державного технологічного університету, д-р політ. наук, професор*
ТАБУРЕЦЬ	***співголова організаційного комітету*,**
Ігор Іванович	*канд. екон. наук, доцент, начальник Черкаської обласної військової адміністрації*
ШАМРАЙ	***заступник голови організаційного комітету*,**
Олександр Григорович	*канд. іст. наук, доцент, заступник голови Черкаської обласної державної адміністрації*
ЦАРЮК	***заступник голови організаційного комітету,***
Антон Олександрович	*заступник голови Черкаської обласної державної адміністраціїї*
ДАНИЛЕВСЬКИЙ	***заступник голови організаційного комітету,***
Валерій Вікторович	*канд. іст. наук, доцент, начальник Управління освіти і науки Черкаської обласної державної адміністрації*
ЛАЗУРЕНКО	***заступник голови організаційного комітету,***
Валентин Миколайович	*д-р іст. наук, професор, проректор з гуманітарно-виховних питань Черкаського державного технологічного університету, заслужений працівник освіти України, голова Черкаської обласної організації Національної спілки краєзнавців України*
ФАУРЕ	***заступник голови організаційного комітету*,**
Еміль Віталійович	*д-р техн. наук, професор, проректор з науково-дослідної роботи та міжнародних зв'язків Черкаського державного технологічного університету*
МАЛАДИКА	***заступник голови організаційного комітету,***
Ігор Григорович	*канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри геодезії, землеустрою, будівельних конструкцій та безпеки життєдіяльності Черкаського державного технологічного університету*
ЦІКАНОВСЬКИЙ	***секретар організаційного комітету*,**
Володимир Леонідович	*старший викладач кафедри геодезії, землеустрою, будівельних конструкцій та безпеки життєдіяльності Черкаського державного технологічного університету*

члени оргкомітету:

Alan CHANDLER	***член організаційного комітету,*** *Dean, School of Architecture Computing and Engineering, University Way, London, United Kingdom*
Christian POSHMAN	***член організаційного комітету,*** *німецьке товариство міжнародного співробітництва DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ)*
Eva SVENTEKOVÁ	***член організаційного комітету,*** *Doc. Ing. PhD, Deanship of Faculty of Security Engineering, University of Žilina*
Georg HEYNE	***член організаційного комітету,*** *Dipl.-Ing., Chief Fire Director Hamburg Fire And Rescue Service*
Maria RAYKOVA	***член організаційного комітету,*** *PhD, Technical University of Gabrovo, Bulgaria*
Oleksandr LOBODA	***член організаційного комітету,*** *д-р хім. наук, Центр австрійсько-українських культурних досліджень, Австрійська Республіка*
Rezzak ELAZAT	***член організаційного комітету,*** *president of Social Disaster Platform, Turkish Republic*
Ritoldas ŠUKYS	***член організаційного комітету,*** *Assoc Prof., PhD in Tech. Sci, Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH, Lithuania)*
АКСЬОНОВ Василь Васильович	***член організаційного комітету,*** *директор Черкаського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України*
БОЙКО Анжела Іванівна	***член організаційного комітету,*** *д-р філос. наук, професор, завідувач кафедри філософських, політичних і психологічних студій Черкаського державного технологічного університету*
ВЯЗОВИК Віталій Миколайович	***член організаційного комітету,*** *д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри хімічних технологій та водоочищення Черкаського державного технологічного університету*
ГАСЕК Ігор Віталійович	***член організаційного комітету,*** *голова громадської спілки «Пожежні-рятувальники України»*
ГРЕЦЬКИЙ Денис Володимирович	***член організаційного комітету,*** *канд. техн. наук, доцент, декан факультету технологій, будівництва та раціонального природокористування Черкаського державного технологічного університету*

ГУБЕНКО	***член організаційного комітету,***
Інна Яківна	*ректор Черкаської медичної академії, д-р філос. (канд. мед. наук), заслужений лікар України, голова Спілки жінок Черкащини, повний кавалер ордена «За заслуги»*
МУЛЯРЧУК	***член організаційного комітету,***
Оксана Василівна	*директор ТОВ «ЦЕНТР СЛУЖБИ КРОВІ «БІОФАРМА ПЛАЗМА»»*
НОВОМЛИНЕЦЬ	***член організаційного комітету,***
Олег Олександрович	*ректор Національного університету «Чернігівська політехніка», д-р техн. наук, заслужений працівник освіти України*
ОЗЕРАН	***член організаційного комітету,***
Сергій Анатолійович	*директор Департаменту цивільного захисту, оборонної роботи та взаємодії з правоохоронними органами Черкаської обласної державної адміністрації*
ОСИПЕНКОВА	***член організаційного комітету,***
Ірина Іванівна	*канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри харчових технологій Черкаського державного технологічного університету*
ПРЯНИК	***член організаційного комітету,***
Сергій Петрович	*канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри промислового та цивільного будівництва Черкаського державного технологічного університету*
СУХИЙ	***член організаційного комітету,***
Костянтин Михайлович	*ректор Українського державного університету науки і технологій, член-кореспондент НАН України, д-р техн. наук, професор*
ТИЩЕНКО	***член організаційного комітету,***
Олександр Михайлович	*д-р техн. наук, професор кафедри геодезії, землеустрою, будівельних конструкцій та безпеки життєдіяльності Черкаського державного технологічного університету*
ТОЛОК	***член організаційного комітету,***
Ігор Вікторович	*ректор Національного університету цивільного захисту України, канд. пед. наук, доцент, лауреат Державної премії України в галузі освіти, заслужений працівник освіти України*
ТРУШЛЯКОВ	***член організаційного комітету,***
Євген Іванович	*ректор Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, д-р техн. наук, професор, заслужений працівник освіти України*

ФІРСОВ	***член організаційного комітету,***
Сергій Анатолійович	*голова громадської організації «Асоціація цивільного захисту»*
ХОЛОДНА	***член організаційного комітету,***
Юлія Іванівна	*голова Черкаської обласної організації Товариства Червоного Хреста України*
ХОМЕНКО	***член організаційного комітету,***
Олена Михайлівна	*канд. хім. наук, доцент, професор кафедри екології завідувач кафедри екології Черкаського державного технологічного університету*
ЧЕМЕРИС	***член організаційного комітету,***
Інгріда Альгімантівна	*канд. біол. наук, доцент, завідувач кафедри лісового господарства та раціонального природокористування Черкаського державного технологічного університету*
ЧЕПУРДА	***член організаційного комітету,***
Лариса Михайлівна	*д-р екон. наук, професор, завідувач кафедри туризму та готельно-ресторанної справи Черкаського державного технологічного університету*

Секція 1 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ, ПОЖЕЖНА І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

УДК 614.841

ПРАВОВИЙ СТАТУС ПОЖЕЖНИКІВ-ДОБРОВОЛЬЦІВ ТА РОЗМЕЖУВАННЯ ЗАВДАНЬ МІЖ НИМИ Й ПРОФЕСІОНАЛАМИ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ

***Олег ГРИГОР**, д-р політ. наук, проф., ректор ЧДТУ,*
***Олександр ТИЩЕНКО**, д-р техн. наук, проф.,*
***Ігор МАЛАДИКА**, канд. техн. наук, доц., завідувач кафедри*
Черкаський державний технологічний університет

У країнах Європейського Союзу організація пожежної служби, як і правовий статус добровільних пожежників, має свою специфіку і відрізняються окремими особливостями.

У деяких країнах їх вважають «звичайними» працівниками з неповним робочим днем, які отримують заробітну плату, мають право на відпустки, лікарняні тощо. В інших країнах вони вважаються добровільними «членами» асоціації пожежної служби, тому вони не мають жодних правових відносин з урядом і не оплачуються державою. У третій групі країн вони не вважаються працівниками з неповним робочим днем, але отримують зарплату, мають певні права та зобов'язання.

У багатьох країнах люди, які виконують роботу в пожежній службі, але не працюють на повний робочий день, називають «волонтерами», незалежно від того, отримують вони грошову винагороду чи ні, і незалежно від того, які вони мають зобов'язання. Варто зазначити, що в деяких країнах замість «волонтер» вживається термін «пожежний на неповний робочий день» або «пожежний за викликом».

У Норвегії є лише професійні пожежники, а термін волонтер-пожежний не використовується. Фахівці з пожежної охорони можуть бути найняті як на повний, так і неповний робочий день. Пожежні, що працюють на повний робочий день, дислокуються та працюють цілодобово, а сумісники – чергові, за що також отримують заробітну платню. Усі професійні пожежні повинні відповідати однаковим мінімальним вимогам щодо професійної та фізичної підготовки. Пожежні як на повний, так і неповний робочий день отримують грошову винагороду пропорційно від часу служби і мають однакові додаткові пільги на нарахування пенсії, відпустки та лікування.

Як і в Норвегії, в Ірландії також не використовується термін «пожежні-добровольці». Замість цього використовується термін «пожежні, зайняті за викликом». В Ірландії пожежні, зайняті за викликом, мають чергування, основний принцип якого полягає в тому, що вони повинні з'явитися на пожежній станції протягом певного часу принаймні в 85 % викликів та тривог. Таким чином, це неповне чергування, і коли вони виїжджають на подію, то отримують погодинну оплату і також мають право на відпустку та пенсії.

Термін «добровольці» використовується в Бельгії, хоча ці пожежні-добровольці багато в чому схожі на своїх колег, які працюють і отримають зарплатню за повний робочий день (у 24-годинні зміни). Добровольці підлягають однаковим вимогам до підготовки та мають однакові обов'язки.

Також немає різниці між волонтерами та професіоналами щодо медичних та фізичних вимог. Єдина відмінність між добровольцями та професіоналами полягає в тому, що професіонали повинні мати водійські права на великі транспортні засоби, а для волонтерів це не є обов'язковим.

Добровольці повинні успішно пройти один із трьох навчальних модулів, тоді як професіонали повинні успішно пройти всі три модулі.

Волонтери в Бельгії не дислокуються у пожежній частині, але після сигналу тривоги прибувають за викликом. Вогнеборці-добровольці не зобов'язані реагувати на кожну тривогу; за допомогою автоматизованої системи вони можуть у будь-який момент вказати, доступні вони чи ні. Однак, як тільки вони вкажуть, що вони доступні, очікується, що вони прибудуть до пожежної частини якомога швидше протягом заздалегідь визначеного часу. Волонтери в Бельгії не мають трудового договору, як професійні пожежники, але вони мають угоду «sui generis» і їм платять не фіксовану суму, а лише «гонорар за продуктивність» за фактично відпрацьовані години та за навчальні та освітні заходи. Крім того, вони отримують невелику податкову пільгу.

Подібно до Бельгії, у Франції також є пожежники-добровольці, які отримують зарплату без офіційних трудових відносин і вони теж отримують суму за кожну годину роботи в пожежній команді. Крім того, якщо хтось працює вогнеборцем-добровольцем більше 20 років, він може претендувати на пенсійне забезпечення.

У ряді європейських країн пожежні послуги (гасіння) надають волонтери, які практично не отримують винагороди. Прикладом цього є Австрія та Німеччина, де переважну більшість пожежних послуг надають добровільні пожежні команди. В цих країнах волонтери жодним чином не отримують заробітну плату за роботу, яку вони виконують для пожежної служби, і не отримують будь-яких інших виплат (соціальних, фінансових чи матеріальних). Всі роботи для пожежної охорони (в т.ч навчання) проводяться повністю у «власний час», але їм іноді доводиться давати відпустку для відвідування навчальних курсів (при цьому, відшкодовуються

витрати на навчання, проїзд та проживання). Невелику грошову винагороду іноді отримують лише найвищі чини добровільної пожежної дружини (наприклад, місцевий командир). У багатьох німецьких муніципалітетах також фінансову компенсацію отримують роботодавці, які змушені тимчасово обходитися без своїх працівників через добровільну роботу останніх у пожежній команді.

У Фінляндії є дві категорії волонтерів. До першої категорії відносяться волонтери, які є членами асоціації, що фінансується урядом без державних контрактів. Інший тип волонтерів – це, строго кажучи, не волонтери, а скоріше спеціалісти з пожежної охорони, які мають трудовий договір. До всіх волонтерів пред'являються ті ж вимоги, що й до професіоналів, які працюють повний робочий день, і ті ж вимоги, що й до штатних спеціалістів, включаючи періодичні медичні огляди. Кожен волонтер отримує оплату за кожну годину служби (тренування або виклик), а «професіонали, які працюють за сумісництвом», отримують фіксовану зарплату.

У Латвії та Естонії волонтери також працюють в асоціації, і уряд не має прямого трудового договору з ними. Пожежні-добровольці, на відміну від професійних, не використовують засобів захисту органів дихання, але вони повинні пройти таке ж початкове навчання (960 годин), що й професіонали.

У Португалії є як пожежні, які працюють в асоціаціях, так і ті, хто працює в муніципалітетах. Як правило, пожежні, які працюють у муніципалітетах, є професіоналами на повний робочий день (приблизно 3500 осіб на країну), але в менших муніципалітетах професіоналів можуть доповнювати волонтери. Ці волонтери не отримують зарплатні, але користуються широким спектром пільг. Наприклад, право (за певних умов) на відшкодування витрат на середню або вищу освіту. Вогнеборці-добровольці, які займають вищі розряди та керівні посади, мають право на надбавку до пенсії. Усі волонтери пожежних команд можуть скористатися дуже широкою мережею страховок, медициною та юридичної допомогою.

У Португалії закон передбачає, що волонтерам-пожежникам дозволяється відсутність на основній роботі з метою реагування на події та навчання не більше трьох днів на місяць. Те саме стосується відвідування навчальних курсів у національній пожежній академії (до 15 днів на рік), на яких основні роботодавці повинні компенсувати пожежному-добровольцю будь-яку втрату заробітку. Відповідно до законодавства Португалії діти пожежників-добровольців, які померли або захворіли в результаті їхньої роботи, мають право на:

- пільги в закладах догляду за дітьми або дошкільних закладах;
- відшкодування внесків у дитячі або дошкільні заклади;
- відшкодування витрат на загальноосвітні школи або на вищу освіту.

Відшкодування плати за навчання також поширюється на нащадків пожежників, які працюють у пожежній службі не менше 15 років.

У Великобританії є пожежні-добровольці на повний та неповний робочий день (часто їх називають «затриманими пожежниками»). Обидві групи отримують однакову погодинну винагороду за участь у навчаннях або викликах. У «Сірій книзі» (документ Британського союзу пожежних бригад, в якому викладено принципи умов роботи пожежників) сказано наступне щодо погодинної оплати праці волонтерів: «Волонтер, який виконує оперативні пожежні обов'язки, оплачується за відповідну основну погодинну ставку, визначену в циркулярах, виданих NJC» (Спілка пожежних команд (ФБУ), 2009 р., с. 19). Волонтерам оплачується подвійна погодинна ставка за заходи, що проводяться у святкові дні. Також відшкодовуються витрати як штатним пожежникам, так і волонтерам (ФБУ, 2009, с. 34) у випадках захворювання, пов'язаного з виконанням робіт з гасіння пожежі, як пожежним на повний робочий день, так і вогнеборцям-добровольцям продовжують виплачувати їхню (середню) заробітну плату.

У більшості європейських країн пожежна команда займається не тільки гасінням пожежі. Наприклад, їх також можна використовувати для надання технічної допомоги (наприклад, при дорожньо-транспортних пригодах) і для ліквідації наслідків аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами, або їх можна залучати для реагування на надзвичайні ситуації на воді. Пожежна профілактика та «пожежне безпечне життя» також є сферами, у яких пожежна команда може відігравати роль. Тип завдань, які виконує пожежна команда, може відрізнятися від країни до країни.

Добровольцю можна доручити всі ті ж завдання, що й професіоналу, але він також може виконувати лише частину завдань (наприклад, лише гасіння пожежі). Диференціація може бути навіть можлива в рамках одного конкретного завдання. У деяких країнах, наприклад, пожежників-добровольців викликають, коли в будівлях виникають пожежі, але робота всередині будівлі покладається на професіоналів, які працюють повний робочий день.

У Великобританії, Норвегії, Бельгії, Франції, Португалії та Фінляндії немає жодної різниці між завданнями професійних пожежників і добровольців. Невелика різниця між добровольцями та професіоналами полягає в тому, що професіонали, повинні мати водійські права для великих транспортних засобів (посвідчення водія С), які не всі волонтери зобов'язані мати. Проте, з практичних міркувань, добровольці-сумісники у Норвегії не виконують завдань у сфері ліквідації наслідків аварій на воді (дайвінгу), тому що це вимагає спеціальної підготовки, яка займає занадто багато часу для сумісників.

У Фінляндії можна виявити диференціацію завдань у добровольців щодо більш спеціалізованих завдань. Наприклад, деякі добровольці можуть надавати першу домедичну допомогу, а інші цьому не навчені.

В Австрії та Німеччині ситуація дещо інша. Особи, які стають членами добровільної пожежної команди, можуть вирішити, погоджуючись з місцевим командиром, які завдання вони виконуватимуть. Крім того, не кожному добровольцю потрібно вміти працювати в дихальному апараті.

У Данії муніципалітети несуть велику відповідальність за те, як вони формують надання пожежних послуг. Це також означає, що муніципалітет визначає, які завдання мають виконувати добровольці та чи існує диференціація з точки зору завдань. Вогнеборці-добровольці, які працюють у регіональних та національних центрах надзвичайних ситуацій, виконують загальні завдання з гасіння пожеж, визначені Міністерством оборони Данії (підпадає під дію регіональних та національних пожежних служб). Тому для цих пожежників-добровольців не існує диференціації завдань.

Що стосується Латвії, Литви та Естонії, то пожежники-добровольці виконують завдання лише на підтримку професійних пожежників, які працюють повний робочий день. У цьому випадку має місце високий ступінь диференціації завдань. У разі пожежі добровольці зазвичай не йдуть самі, а виконують підготовчу роботу для фахівців, наприклад, підготовку забору води та прокладку рукавних ліній. Добровольці можуть розпочати зовнішнє гасіння пожежі, але навіть тоді залучаються професіонали, щоб доповнити або замінити добровольців. Добровольців ніколи не залучають при інцидентах з небезпечними речовинами та аваріях на воді – це завдання виключно професіоналів. Проте 25 (із 120) добровільних пожежних позицій можуть бути залучені до технічної допомоги, наприклад, при дорожньо-транспортних пригодах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бостанц Дж. Дж.; Спек, Х.; ван дер Дам, Дж; ван, Крікен, Дж.; ван Крієн, П. (2011). Добровільно служити і заробляти. Підсумковий звіт про роботу волонтерів пожежної служби. Утрехт.
2. Академія пожежної безпеки (2019). Набір та утримання волонтерів у Європейській пожежній службі. Етап 1: вивчення документів та дослідницька фокус-група. Арнем.
3. Національна спілка пожежників Франції (2019). Європейські вибори: можливість побудувати Європу, яка захищає від загроз і катастроф. Позиційний лист від пожежних у Франції.
4. Хаверкамп, Г. (2005). Вогонь як загальний ворог. Лейденський університет. https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/3733.
5. Пепс Райкен та Друглевер Ф. (2018). Правове становище волонтерів пожежної охорони в рамках норм європейського та міжнародного права.
6. Вербург, Л. Г. (2019). Напрямки вирішення питань забезпечення пожежної безпеки (діюча структура та методика роботи добровільної пожежної служби) в рамках чинного законодавства.

УДК 352:351.86:355.01(477)

ТРАНСФОРМАЦІЯ КОНЦЕПТУ БЕЗПЕКИ ГРОМАД В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ

***Ігор ТАБУРЕЦЬ**, канд. екон. наук, доц.,*
доц. кафедри економіки та управління
Черкаський державний технологічний університет

Повномасштабне вторгнення рф в Україну в лютому 2022 року зумовило значущу трансформацію пріоритетів місцевого самоврядування, вивівши безпековий компонент на рівень ключового аспекту діяльності громад. Саме поточна фаза російсько-української війни кардинально змістила фокус діяльності громад з якості послуг на безпеку, перетворивши їх на ключову ланку у забезпеченні обороноздатності та цивільного захисту держави. Децентралізація надала громадам можливість формувати власні підрозділи цивільного захисту, підтримувати волонтерські пожежні команди й брати участь у територіальній обороні. При цьому утворення військових адміністрацій 24 лютого 2022 року автоматично створило тісний канал взаємодії держави і територіальних громад задля забезпечення оперативності прийняття рішень в умовах правового режиму воєнного стану. Це, своєю чергу, трансформувало питання забезпечення безпеки громад у формування їх безпекових спроможностей як відповідь на виклики війни та актуалізувало наукові дослідження у цьому напрямі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність обраного предмету дослідження підтверджується активністю наукового пошуку та його мультиаспектністю. Так, М. Шкільняк та А. Гавура досліджують проблематику безпеки громад з позиції принципових передумов формування єдиного безпекового простору [1], Я. Павлович-Сенета, Н. Лепіш розкривають це питання розкривають це питання з позиції адміністративно-правового забезпечення та з урахуванням особливостей воєнного стану [2]; дослідження сучасних практик розвитку безпекового потенціалу територіальної громади представлено у праці А. Терент’єва [3]. Високо оцінюючи вклад науковців у розвиток теорії безпеки громад, водночас важливих є дослідження та формулювання наукових положень щодо еволюційної трансформації концепту безпеки громад під впливом світоглядних змін.

Основна частина. Основу нормативно-правової бази діяльності органів місцевого самоврядування в умовах воєнного стану сьогодні становлять закони “Про місцеве самоврядування в Україні” , “Про правовий режим воєнного стану”, а також Закон України “Про основи національного спротиву”, що накладає на органи місцевого

самоврядування необхідність перегляду методології забезпеченні безпеки громад. Варто зазначити, що безпека громад традиційно тлумачиться як комплексне явище та передбачає розробку механізмів захисту та/або мінімізації наслідків від реалізації різнозумовлених загроз життю та здоров'ю людини, а також її інтересам, сконцентрованим у матеріальних і духовних цінностях. Так, Інститут миру і порозуміння виокремлює такі змістові компоненти безпеки громад: безпека дорожнього руху, громадське здоров'я, екологічна безпека, інформаційна та кібербезпека, рівень злочинності, захист прав людини та доступ до правосуддя, інфраструктура безпеки [4]. Беззаперечно ці компоненти є базовими для формування безпечного середовища в умовах мирного часу, проте воєнний стан та постійні реальні загрози з боку країни-агресора рф призвело до того, що Уряд делегував громадам завдання створення територіальних підсистем оборони та захисту тилу. Це кардинально змістило змістові акценти безпеки громади з "правопорядку" на "захист", "спротив", "стійкість" та "оборону". Особливості взаємодії громад, органів державної влади та військових (військово-цивільних) адміністрацій (ВА) у забезпеченні безпеки громад за вищезазначеними компонентами подано у табл. 1.

Головна зміна концепту безпеки громад України полягає у тому, що органи місцевого самоврядування наразі зобов'язані імплементувати доповненні компоненти безпеки (захист, супротив та стійкість) у всі сфери діяльності: при наданні адміністративних, освітніх, медичних, комунальних послуг громади повинні враховувати ризики надзвичайної ситуації, і навіть економічні програми орієнтувати на безпеку бізнесу та інфраструктури. У цьому контексті цінним є запозичення міжнародного досвіду, а презентативним прикладом країни, місцеві органи влади якої активно залучені до безпеки, є Ізраїль.

Місцева влада Ізраїлю відповідає за захист територій у межах своєї юрисдикції, реалізуючи такий функціонал: створює оборонну інфраструктуру, розробляє порядки розгортання сил і засобів для захисту цивільного населення у надзвичайних ситуаціях та бойових діях [5]. Спираючись на дослідження Я. Амідрор (Ya. Amidror) [6] система цивільного захисту Ізраїлю сформована за комплексним підходом, а підготовка сил і засобів для дій у надзвичайних ситуаціях розглядається як базова умова безпеки громади. Особлива увага приділяється формуванню інфраструктури індивідуального захисту (насамперед маємо на увазі укриття), яка інтегрована у повсякденне життя громади та чітко ураховує специфіку фізичних загроз.

Таблиця 1 – Характеристика взаємодії громад із державними структурами безпеки та військовими адміністраціями у забезпеченні безпеки в умовах воєнного стану

Компонента безпеки громади	Спеціалізований суб'єкт відповідальності (окрім громади та ВА)	Функціонал громади	Функціонал військової адміністрації
Захист	Державна служба України з надзвичайних ситуацій	Цивільний захист, облаштування укриттів, створення місцеві пожежно-рятувальних підрозділів (центрів безпеки), евакуація, соціальна опіка, медичне забезпечення, екологічна безпека	Комендантська година, контрдиверсійні заходи
Спротив	Сили територіальної оборони (ТрО)	Волонтерство, цивільний саботаж ворога, інформаційний спротив	Розвідка, спеціальні операції, координація руху опору
Стійкість	Бізнес, громадські організації та органи місцевого самоврядування	Безперервність функціонування критичної інфраструктури (енергетика, транспорт, водопостачання, зв'язок, охорона здоров'я), сприяння підвищенню рівня енергонезалежності, логістика, психологічна підтримка	Стратегічні резерви, захист критичної інфраструктури
Оборона	Збройні Сили України	Формування добровольчих формувань територіальної громади, матеріальне забезпечення ТрО, мобілізаційні заходи, інженерне облаштування місцевості	Бойове управління, фортифікація (стратегічна), координація підрозділів, забезпечення зброєю та боєприпасами

Джерело: розробка автора.

Спираючись на результати комплексного багатоаспектного дослідження практичного досвіду територіальних громад України, проведеного Інститутом миру і порозуміння [7] виокремлено такі основні тенденції трансформації концепту безпеки громад: підвищення пріоритетності безпекових питань у порядку денному громад; зростання попиту на професійну експертизу в сфері безпеки; розвиток специфічних напрямків безпеки, зокрема, у сфері протимінної діяльності, побудови інфраструктури (укриття та системи оповіщення); підвищення кадрового

потенціалу завдяки залученню осіб з практичним досвідом у сфері безпеки. Водночас має місце таке:

1) звуження безпеки громади до її фізичного захисту і зокрема нехтування питаннями інформаційної безпеки, на яку припадає менше 5% відповідних витрат місцевих бюджетів проти 80% на фізичну безпеку; Це дуже суттєво знижує стійкість громад до кіберзагроз з боку ворога;

2) нездатність багатьох громад адаптувати свої безпекові програми до специфічних воєнних загроз (зокрема, ракетних обстрілів чи дій диверсійно-розвідувальних груп). Загалом, відсутній комплексний підхід до формування безпекових програм та існує тенденція до створення безпекових програм під певну державну інституцію сектору безпеки. Це у тому числі ще більше поглиблює фрагментарність сприйняття концепту безпеки громади;

3) зниження фінансових спроможностей громад щодо розвитку безпекових програм;

4) проблеми сприйняття безпеки населенням. За даними соціологічних опитувань, 65% жителів громад не розуміють повною мірою логіку та необхідність впроваджуваних безпекових заходів. Особливо проблемним є сприйняття превентивних заходів безпеки, які часто розглядаються як надмірні обмеження насамперед жителями регіонів, віддалених від лінії фронту. Вельми очікуваним є факт, що громади, які знаходяться ближче до лінії фронту, демонструють більш швидку адаптацію безпекових програм, тоді як віддалені регіони часто зберігають інерційність довоєнних підходів.

Узагальнюючи поточні тренди трансформації концепту безпеки громад, вважаємо його наразі його розвиток повинен відбуватися з дотриманням низки принципів, зміст яких подано у табл. 2. Відмітимо, що ці принципи не повинні сприйматися як тимчасові вимоги до методології забезпечення безпеки громад та застосовуватися виключно протягом дії воєнного стану. Рік початку російсько-української війни і особливої її повномасштабної фази розпочав нову світоглядну еру для України, у рамках якої захист національної безпеки з формальної площини трансформувався у фундаментально-прагматичну передумову існування держави України. Це у тому числі змінює методологічну парадигму безпеки громад.

Особлива увага повинна приділятися питанням кібербезпеки як невід’ємної складової безпеки громад в умовах цифрового світу. Так, наприкінці 2025 року Національним координаційним центром кібербезпеки при РНБО України проведено саміт «Кіберстійкість громад: стратегії та інновації» та практичний хакатон, присвячені посиленню цифрової безпеки на рівні громад, зокрема завдяки пошуку практичних шляхів запуску першого в Україні муніципального Диспетчерського центру кібербезпеки (Gromada-ISAC).

Таблиця 2 – Принципи забезпечення безпеки громад у сучасних умовах

Назва принципу	Зміст принципу та ефект його дотримання
Стратегічної цілісності	Розробка стратегії та плану забезпечення безпеки громад області, яка б формалізувала особливості взаємодії всіх стейкхолдерів у сфері безпеки та дозволила б системно вибудовувати політику з урахуванням місцевих безпекових ризиків та наявних ресурсів. Цей документ повинен бути основою для формування безпекових програм окремих територіальних громад. Це створить основу для довготривалих змін, а не ситуативних рішень
Інформативності та відкритості	Інформативна наповненість офіційних сайтів територіальних громад, чіткість структурування подання інформації у розрізі суб'єктних груп, систематична актуалізація інформації через різні інформаційні канали, насамперед звітної. Це дозволить подолати розрив між заходами органів місцевого самоврядування та сприйняттям населенням безпекових заходів, підвищить довіру, а отже і ефективність впровадження безпекових заходів
Вимірності	Розробка методології оцінки ефективності безпекових заходів. Це дозволить громадам об'єктивно оцінювати результативність своїх безпекових програм та реально оцінювати їх ефективність
Цифровізації функціональних моделей взаємодії	Наявність локальних цифрових стратегій; впровадження е-сервісів та інтеграція до державної цифрової інфраструктури; функціонування електронного документообігу; цифрова взаємодія із сусідніми громадами; участь у національних ініціативах на кшталт «Дія.Цифрова громада»
Інноватизації	Впровадження цифрових адміністративних сервісів, інтеграція до національної інфраструктури «Трембіта», функціонування посад офіцера цифрової трансформації або їхніх аналогів, наявність практик міжмуніципальної цифрової взаємодії, що створює підґрунтя для організації спільного управління безпековими процесами. Це дозволить забезпечити оперативну міжмуніципальну взаємодію у сфері цивільного захисту, підвищить ефективність реагування в умовах надзвичайних ситуацій і знизить ризики нерівномірності цифрової адаптації безпекових механізмів громад

Джерело: розробка автора з урахуванням [8].

Висновки. Отже, повномасштабне вторгнення рф призвело до суттєвої трансформації підходів до безпеки громад, стимулювало розвиток нових форм співпраці та інноваційних рішень, але водночас створило нові виклики, які потребують системного підходу до їх вирішення. Трансформація концепту безпеки громад в умовах повномасштабної війни є складним і багатоаспектним процесом. Він вимагає не лише технічних та організаційних рішень, але й глибокого розуміння соціально-психологічних факторів, що впливають на сприйняття та реалізацію безпекових заходів. Ключовим викликом залишається розробка комплексного, індивідуалізованого підходу до безпеки громад, який би враховував як загальнонаціональні стратегії, так і локальні особливості та потреби, а також базувався на принципах цифровізації та інноватизації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шкільняк М. М., Гавура А.О. Територіальні громади в системі формування єдиного безпекового простору. Актуальні проблеми економіки. 2025. №8(290). С. 233-243. DOI: 10.32752/1993-6788-2025-1-290-233-243.
2. Павлович-Сенета Я. П., Лепіш Н. Я. Територіальні громади в умовах воєнного стану в Україні: адміністративно-правове забезпечення та особливості функціонування. Аналітичне порівняльне правознавство. ДВНЗ «УжНУ» Ужгород, 2022. №4. С. 209-214.
3. Терент'єва А.В. Механізми розвитку безпекових спроможностей територіальної громади в повоєнних умовах. Інвестиції: практика та досвід. 2025. № 8. С. 196–203. DOI: 10.32702/2306-6814.2025.8.196.
4. Безпека в громаді. Компоненти. URL : https://www.cop.org.ua/ua/shcho-take-bezpeka-v-hromadi/bezpeka-v-hromadi-komponenty.
5. Терент'єва А. Досвід держави Ізраїль щодо управління безпекою цивільного населення в умовах кризових ситуацій. Науковий вісник: Державне управління. 2023. № 2 (14). С. 310–333. DOI: https://doi.org/10.33269/2618-0065-2023-2(14)-310-333.
6. Amidror Ya. Israel's National Security Doctrine. Jerusalem : The Jerusalem Institute for Strategy and Security. 2021. 14 p. URL: https://biu.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay?docid=lma9926771309205776&context=L&vid=972BIU_INST:972BIU&lang=en&search_scope=MyInst_an_CI&adaptor=Local%20Search%20Engine&query=sub,contains,National%20security%20--%20Israel,AND&mode=advanced&offset=0.
7. Трансформація безпекових програм територіальних громад України в умовах повномасштабного вторгнення: виклики та перспективи. Звіт про дослідження / Інститут миру і порозуміння. Київ, 2024. 48 с. URL: https://cop.org.ua/ua/korysni-materialy/zv-t-pro-dosl-dzhennya.
8. Гавура А. О. Інноватизація механізмів співпраці територіальних громад в організації цивільного захисту населення. Актуальні проблеми економіки. 2025. №4(286). С. 31-41.

UDC 614.8:351.86

ENHANCING CIVIL PROTECTION INFRASTRUCTURE IN LITHUANIA: EXPERIENCE-DRIVEN IMPLEMENTATION OF PROTECTIVE STRUCTURES

***Ritoldas ŠUKYS**, Assoc Prof., PhD in Tech. Sci.*
***Aušra STANKIUVIENĖ**, Assist. Prof., PhD in Tech. Sci.*
***Justas ŽAROMSKIS**, student of the Master's degree of Safety Engineering*
Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH, Lithuania)

The rapidly changing geopolitical environment in Europe and the increasing threat of military aggression have significantly increased the importance of strengthening national civil protection systems. In recent years, issues related to the safety and protection of civilians have gained particular attention in many European countries, including Lithuania. Modern security challenges require not only effective emergency response mechanisms but also well-developed infrastructure capable of protecting the population during natural disasters, technological accidents, and potential military threats. Therefore, the development of civil protection infrastructure has become an essential component of national resilience and preparedness.

In Lithuania, civil protection capabilities are enhanced through strategic national policies and programs aimed at improving crisis management. A key initiative is the Civil Protection Strengthening and Development Programme [1], which sets long-term priorities for preparedness, prevention, and response mechanisms. Its main goal is to ensure the resilience and adaptability of the civil protection system for effective emergency management and rapid recovery. Collaboration among state institutions, municipalities, and the public is emphasised, promoting a whole-of-society approach.

Infrastructure development is crucial for civilian safety during emergencies. In Lithuania, protective facilities are classified into three categories: shelters, collective protection structures, and temporary protection premises. Temporary protection premises offer short-term refuge in basements or underground parking, while collective protection structures, integrated into public buildings like schools, provide longer-term safety with features such as ventilation and emergency lighting.

To facilitate quick identification during emergencies, standardised symbols mark these protective facilities, allowing residents and emergency services to locate them easily. The standardised marking system used in Lithuania is presented in Figure 1.

The development of civil protection infrastructure in Lithuania is supported by a dynamic legal framework that outlines the requirements for designing, installing, and adapting protective facilities. A significant advancement in this regulatory framework was the adoption of the Construction

Technical Regulation STR 2.07.02:2024 [2]. This regulation sets forth technical standards for the planning, construction, and installation of protective facilities meant for civilian protection. Additionally, it defines the main characteristics and design principles for various types of civil protection facilities.



a) *b)*

Fig. 1. Standardised symbols used to identify civil protection facilities in Lithuania: *a)* collective protection structure; *b)* temporary protection premise

These civil protection facilities vary based on their protection level, structural requirements, intended duration of use, and functional purpose. Temporary protection premises typically offer lower to medium levels of protection and are primarily intended for short-term use during emergencies. In contrast, collective protection structures are designed to accommodate larger groups and can provide a higher level of protection depending on their structural features and equipment. A summary of the main characteristics of these facility types, including their protection levels, structural features, intended duration of use, and other relevant parameters, is presented in Table 1.

Table 1 – Characteristics of Civil Protection Facilities

Criteria	Temporary Protection Premises	Collective Protection Structures
Protection level	Low–medium – protection against fragments, debris and blast wave effects	Medium – mass protection against indirect threats
Duration of use	Several hours	Several hours up to one day
Structure	Simple or minimally adapted structures	Public buildings adapted for protection purposes
Location	Basements, underground parking areas, temporary structures	Schools, halls, sports complexes, cultural centres
Equipment	Minimal equipment – marking, ventilation	Temporary equipment for mass evacuation
Purpose	Rapid short-term protection of civilians	Safe refuge for larger groups during a mass threat
Area	Not strictly regulated	Determined according to the number of protected occupants

In addition to national regulatory developments, international experience plays a crucial role in improving civil protection infrastructure. The importance of protective structures has become particularly evident in Ukraine following the large-scale military aggression that began in 2022. During missile attacks and artillery shelling, many civilians have been injured by fragments of ammunition or trapped under the rubble of damaged buildings. In response to these threats, Ukraine initiated significant reforms of its civil protection legislation and technical regulations.

One of the most important regulatory documents adopted in Ukraine is *DBN V.2.2-5:2023 Protective Structures for Civil Protection* [3], which entered into force in November 2023. The new regulation establishes updated technical requirements for the design and construction of shelters intended to protect civilians during military attacks. According to these standards, shelters must be capable of accommodating people for up to 48 hours, while ensuring the availability of essential engineering systems such as ventilation, electricity supply, and sanitation. In addition, shelters must provide radiation protection and structural resistance to the effects of blast waves and explosions. These regulatory reforms aim to create a resilient and easily accessible shelter system capable of responding to modern security challenges and protecting the population during armed conflicts [4].

European countries such as Sweden and Finland also provide valuable examples of effective civil protection systems. In Sweden, the construction and maintenance of shelters are regulated by the Shelter Act *SFS 2006:545* [5], which defines the responsibilities of both the state and property owners in ensuring the availability and functionality of shelters. The Swedish system includes a well-developed network of shelters integrated into urban infrastructure and regularly maintained to ensure their operational readiness.

Finland has also developed a highly advanced shelter system as part of its national preparedness strategy. The construction of civil defence shelters in Finland began before 1949 and continues today as part of the country's long-term preparedness policy. The development of the Finnish shelter system has evolved over several decades through regulatory reforms and technological improvements. Currently, the construction and maintenance of civil defence shelters are regulated by the Rescue Act *(Pelastuslaki, 2011)*, which establishes the obligation to provide shelters in certain types of buildings and defines the main requirements for their construction and maintenance [6,7].

The experiences of these countries demonstrate that the development of civil protection infrastructure requires long-term strategic planning, clear legal regulations, and continuous investment in protective facilities. Integrating shelters and other protective structures into public buildings and urban environments can significantly improve the accessibility and effectiveness of civil protection systems.

In Lithuania, efforts to strengthen civil protection infrastructure are also supported by initiatives aimed at increasing public awareness and preparedness. One example is the national preparedness platform LT72 [8], which provides information and recommendations on how residents should prepare for emergencies and disasters. The platform encourages individuals to ensure that they are capable of sustaining themselves and their family members for at least 72 hours during emergencies until official assistance becomes available.

The development of civil protection infrastructure is supported by academic research and analysis. Recent studies have explored the implementation of shelters and protective facilities in various types of buildings, including educational institutions. Research conducted by Šukys et al. [9] analysed the integration of shelters in schools and emphasised the importance of ensuring both safety and operational efficiency when establishing protective infrastructure within educational environments. The practical implementation of protective infrastructure is illustrated in Figure 2 by a model from one of the residential districts of Vilnius.



Fig. 2. Distribution of temporary protection premises
in a residential district of Vilnius

The map illustrates the spatial distribution of temporary protection premises available to residents and highlights the importance of ensuring adequate accessibility of protective spaces in densely populated urban areas.

Lithuania is progressively establishing a systematic approach to enhance its civil protection infrastructure. This includes regulatory improvements, integrating protective spaces into public buildings, and initiatives designed to boost public preparedness. The ongoing development of protective facilities, along with the adoption of international best practices and initiatives to raise public awareness, will be crucial in ensuring the safety of the population and strengthening national resilience against evolving security challenges.

REFERENCES

1. Government of the Republic of Lithuania, Civil Protection Strengthening and Development Programme. https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/62090bc1458d11efb121d2fe3a0eff27
2. STR 2.07.02:2024 Slėptuvės, kolektyvinės apsaugos statinio ir priedangos projektavimo ir įrengimo reikalavimai *(Requirements for the Design and Installation of Shelters, Collective Protection Structures and Temporary Protection Premises)*. https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/e8af8d30d67911ee9269b566387cfecb
3. DBN V.2.2-5:2023 Protective Structures for Civil Protection. Available: https://blog.mehbud.com.ua/en/other/construction-of-protective-structures-in-ukraine/
4. Bordun, M., Bevz, M., Shekhorkina, S., Nevgomonnyi, H., Krutiy, Y. (2024). Architectural and planning solutions for multistorey residential buildings with safety capsules. E3S Web of Conferences *International Scientific and Practical Conference Innovations in Construction and Smart Building Technologies for Comfortable, Energy Efficient and Sustainable Lifestyle (ICSBT 2024)*, vol. 534, 01003. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453401003
5. Government of Sweden, Shelter Act (SFS 2006:545). https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006545-om-skyddsrum_sfs-2006-545/
6. Finnish Ministry of the Interior, Civil Defence Shelters in Finland. https://intermin.fi/en/rescue-services/preparedness/civil-defence-shelters
7. Ministry of the Interior of Finland, Rescue Act (Pelastuslaki) 379/2011. https://www.finlex.fi/en/legislation/collection/2011/379
8. LT72 platform for preparedness for emergencies in Lithuania. https://lt72.lt/
9. Šukys, R., Stankiuvienė, A., Serhiy, Stas; Matuliūkštis, M. (2024). Ensuring safety and efficiency: An analysis of implementing shelters in schools. *Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»*, 25 квітня 2024 року. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, p. 73-75. https://chipb.dsns.gov.ua/upload/2/0/9/9/6/5/8/teoriia-i-praktika-gasinnia-pozez-ta-likvidaciyi-ns-25042024.pdf

UDC 351

CIVIL DEFENSE IN GERMANY – A JOINT RESPONSIBILITY

***Georg HEYNE**, Dipl.-Ing., Chief Fire Director*
Hamburg Fire And Rescue Service

Introduction: The Security Policy "Zeitenwende"

The security policy environment in Germany has fundamentally changed in recent years. At the latest with Russia's war of aggression against Ukraine in violation of international law, the European security order has been shattered, bringing national and alliance defense back to the center of state tasks. The Federal Government's National Security Strategy pursues the approach of "Integrated Security," which makes clear that Germany's external capacity to act depends significantly on its internal resilience. Although military and civil

defense are organizationally independent, they are inextricably linked and together form the "Comprehensive Defense" (Gesamtverteidigung). This whole-of-government and whole-of-society task requires close cooperation between the federal government, the states (Länder), municipalities, the economy, and the population.

Conceptual Foundations: The Four Pillars of Civil Defense

While military defense falls under the jurisdiction of the Bundeswehr, Civil Defense – meaning all civil measures to establish and maintain defense capabilities – is the responsibility of the federal government, but is largely implemented by the states and municipalities. The strategic basic document for this is the Civil Defense Concept (Konzeption Zivile Verteidigung - KZV), which forms the civil counterpart to the Concept of the Bundeswehr. It is divided into four core tasks:

Maintenance of State and Government Functions: Government, justice, and administration must remain capable of acting even in times of crisis.

Civil Protection (Zivilschutz): The protection of the civilian population from the effects of war, for example through structural protection, warning systems such as the satellite-based Modular Warning System (MoWaS) and the warning app NINA, as well as evacuation planning.

Supply: Maintaining the supply of essential goods (drinking water, food, energy, medical supplies) to the population and the armed forces through sovereign interventions and national emergency reserves.

Support for the Armed Forces: Civil support services that are essential for military freedom of operation, such as transport infrastructure, telecommunications, and logistics.

Operational Implementation: OPLAN Germany and Civil Alarm Planning

Due to its geostrategic location in the center of Europe, Germany functions in NATO as a primary transit country and logistical hub ("Drehscheibe Deutschland"). The military Operations Plan Germany (OPLAN DEU) regulates the deployment and transit of German and allied armed forces and organizes civil-military cooperation. A central principle here is: The protection of Critical Infrastructures (KRITIS) is not a military task, but lies within the primary responsibility of the civil KRITIS operators.

In order to be able to react in a coordinated manner in a state of tension or defense, Germany uses the Civil Alarm Planning (ZAPRL). It translates the requirements of the NATO Crisis Response System into concrete civil administrative measures. The ZAPRL functions as a kind of binding "alarm and dispatch regulation" for authorities at all levels, in which predefined measures are triggered and implemented without delay via specific "alarm calendars".

Current Challenges and Further Development in Civil Protection

The reactivation of Civil Defense poses massive practical challenges for civil protection and hazard prevention, requiring "new thinking" in established structures. The central fields of action include:

Responsibilities and Leadership: A clear integration of actors (e.g., fire brigades, aid organizations) into national strategies is required. Currently, among other things, the central leadership regulation of the fire brigade ("FwDV 100") is being revised to meet the new all-of-government requirements and interoperability.

Municipal and Institutional Resilience: Emergency response organizations and authorities must secure their own capacity to act (institutional self-protection). This requires self-sufficient supply (e.g., emergency power, fuel, supplies) for at least three to seven days. The hardening of properties and communication networks is also mandatory.

Protection of Critical Infrastructures: The vulnerability of supply networks poses an enormous challenge. For example, drinking and extinguishing water supply via emergency wells often no longer meets today's standards, which is particularly critical for the supply of hospitals. There is a great need for coordination with KRITIS operators here.

Personnel Management and Multiple Assignments: A significant problem in voluntary work is the multiple assignment of emergency personnel who are simultaneously active in the fire brigade, the THW, the Bundeswehr, or in KRITIS companies. Transparent data management and binding prioritization rules are needed to ensure actual operational readiness in an emergency.

Training and Involvement of the Population: Scenarios of hybrid threats, blackouts, or war conditions must increasingly be incorporated into the training of emergency services. At the same time, civil protection relies heavily on the self-provisioning of the population, as the state cannot guarantee comprehensive immediate assistance everywhere. It is therefore suggested to build up multiplier training across society – even considering the establishment of "Civil Protection and Security" as a school subject to impart urgently needed knowledge on self-help and neighborhood assistance.

Conclusion. Civil Defense is a fundamental pillar of the German and European security architecture. The challenges – from hardening infrastructure to realigning logistical chains and raising awareness among the population – are immense. As the Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance (BBK) states: "Civil protection is teamwork". Overcoming future crises will only succeed if state actors, private companies, and civil society work together in an integrated, partnership-based, and cross-level manner.

REFERENCES

1. Rahmenrichtlinie für die Gesamtverteidigung (RRGV) (05. Juni 2024), GMBl 2024 Nr. 38, S. 790
2. Bockemühl, B., Modernisierung des deutschen Bevölkerungsschutzes (05.02.2026)

УДК 614.8

НАЙПРОСТІШІ УКРИТТЯ: ЧИ ПОТРІБНО НОРМУВАТИ ЧАС ПЕРЕБУВАННЯ В НИХ ЛЮДЕЙ

***Сергій ФІРСОВ**, в.о. начальника Центру,*
***Сергій ДИКАНЬ**, канд. техн. наук, доц., викладач,*
***Вікторія ЄФРЕМОВА**, завідувач обласного методичного кабінету (безпеки життєдіяльності населення), методист вищої категорії*
Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Полтавської області

Повномасштабна війна російської федерації проти України змусила переглянути вітчизняне законодавство з питань цивільного захисту: були внесені зміни до Кодексу цивільного захисту України, інших нормативних документів, в тому числі й тих, що стосуються фонду захисних споруд цивільного захисту.

Станом на початок 2025 року в Україні налічувалося понад 62 тисячі об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту. Це сховища, протирадіаційні укриття (ПРУ), споруди подвійного призначення та найпростіші укриття, які загалом здатні вмістити близько половини населення країни.

Серед цього переліку власне захисними спорудами є лише сховища і ПРУ, оскільки вони мають нормовані захисні властивості. Споруди подвійного призначення не обов'язково можуть мати захисні властивості сховищ чи ПРУ, а для найпростіших укриттів нормування захисних властивостей взагалі не передбачено в принципі. Це означає, що наші підвали і цокольні поверхи будівель і споруд лише послабляють опосередкований вплив на людей уражаючих факторів конвенційних видів сучасної зброї та уламків споруд. Натомість захистити нас від уражаючих факторів зброї масового знищення (в тому числі й радіаційного впливу) вони не можуть.

Проте зміни 2022 – 2023 років у статті 32 Кодексу цивільного захисту України [1] встановили до найпростіших укриттів вимогу створення в них умов для тимчасового перебування людей упродовж не менше 48 годин.

Така вимога тривалого перебування в протирадіаційних укриттях змусила, в свою чергу, МВС України у 2025 році внести зміни до свого наказу № 579 [2]. Тепер балансоутримувачі повинні облаштовувати найпростіші укриття місцями для сидіння, системою примусової вентиляції, електропостачанням, елементами захисту віконних прорізів, водопостачанням та каналізацією (біотуалетами), засобами надання домедичної допомоги, шанцевим інструментом тощо [2].

Тобто створювати в найпростіших укриттях практично ті ж умови, як і в протирадіаційних укриттях. Який в цьому сенс – не зрозуміло, адже цокольне або підвальне приміщення, які би зручності для людей в них не створювали, не захистить належним чином людей від радіаційного впливу, спричиненого застосуванням противником зброї масового ураження.

А на випадок обстрілів із застосуванням ракет чи дронів навряд чи є необхідність безперервно перебувати в найпростіших укриттях упродовж двох діб: повітряна тривога так довго не триває.

Взагалі термін 48 годин з'явився як норматив для проєктування захисних споруд ще у радянські часи, коли основною загрозою для населення вважали застосування противником ядерної зброї. Захисні споруди розраховувалися на надмірний тиск повітряної ударної хвилі і ступінь послаблення радіаційного впливу.

За нормативними значеннями цих двох параметрів сховища, як і зараз, поділялися на класи, а ПРУ – на групи. Режими радіаційного захисту (а значить, і час перебування в укритті) тоді визначалися законом спаду рівня радіації після ядерного удару: *кожне семикратне збільшення часу призводить до зменшення рівня радіації в 10 разів.*

Якщо прийняти, що рівень радіації на першу годину після вибуху становитиме 100%, то через 7 годин після вибуху він знизиться до 10%, а через 48 годин буде 1% [3].

Приміром, якби мова йшла про захист населення в найбільшій за площею зоні А (помірного радіоактивного забруднення), де рівень радіації на першу годину після вибуху становить 80 Р/год [4], то через 48 годин рівень радіації в цій зоні зменшився б до 0,8 Р/год.

За умови перебування на відкритій місцевості населення за цей час одержало б дозу опромінення приблизно (80+0,8)/2×48 = 1920 Р, або 19,2 Зв (зіверта). Це дуже висока доза, оскільки вона перевищує 50 Р (0,5 Зв) – межу виникнення детерміністичних ефектів радіації. Проте, якби населення провело дві доби у ПРУ з коефіцієнтом захисту $K_з$ = 100, доза опромінення склала би 0,19 Зв, що менше за 0,5 Зв (допустимий рівень одноразового аварійного опромінення).

Ця сама вимога стосовно безперервного перебування людей у сховищах і ПРУ впродовж 48 годин перейшла і в нинішнє законодавство: в статтю 32 Кодексу ЦЗ [1] та в ДБН В.2.2-5:2023 [5]. Захисні властивості сховищ і протирадіаційних укриттів мають бути обґрунтовані відповідними розрахунками, в тому числі – ступенем захисту $A_з$ для сховищ і коефіцієнтом захисту $K_з$ для ПРУ.

Але для найпростіших укриттів розрахунків захисту не вимагається. Визначити експериментально ступінь послаблення радіаційного впливу (наприклад, за допомогою дозиметра-радіометра) в неаварійних умовах теж неможливо, повинен бути тільки розрахунок. Результат цього розрахунку для сховищ і ПРУ має бути зазначений в паспорті на захисну

споруду. Паспорта для найпростішого укриття документом [6] не передбачено, достатньо лише акта оцінки об’єкта.

Отже, вимога законодавства щодо перебування людей в найпростіших укриттях не менше ніж 48 годин абсолютно необґрунтована, оскільки не узгоджується з відповідними вимогами, що висуваються до сховищ і ПРУ.

Як наслідок, заходи з облаштування балансоутримувачем найпростішого укриття відповідними системами і обладнанням мають бути виваженими, щоб уникнути необґрунтованих фінансових витрат. Адже сенсу перебування населенню в НПУ дві доби і більше немає, навіть в умовах радіаційного забруднення: конструкції споруд підземного простору найпростішого укриття не гарантують захисту від радіації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. Вимоги щодо утримання, облаштування та експлуатації об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту, затверджені наказом МВС України 09.07.2018 № 579, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 30.07.2018 за № 879/32331.
3. Захист об’єктів народного господарства від зброї масового ураження: Довідник / Під ред. Г. П. Демиденко. – К.: Вища школа. Головне видавництво, 1987. – 256 с.
4. Методичні рекомендації щодо дій у зонах ядерного ураження, затверджені наказом МОЗ України від 06.04.2022 № 585.
5. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту.
6. Деякі питання використання об’єктів фонду захисних споруд цивільного захисту, затверджені постановою Кабінету Міністрів України 10.03.2017 № 138.

УДК 614.8

ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОСТОВОГО ПОСТА БЕЗПЕКИ

***Іван ДАНИЛЬЧУК**, викладач кафедри управління діяльністю підрозділів цивільного захисту інституту післядипломної освіти Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

В Україні щодня виникає орієнтовно від 80 до 300 пожеж за добу. А з повномасштабним вторгненням цей негативний показник тільки збільшився. Особовий склад який залучається до ліквідації пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт змушений працювати в засобах індивідуального захисту органів дихання.

Згідно [2] при роботі ланки ГДЗС в задимлених загазованих приміщеннях необхідно виставляти постового на пост безпеки з числа одного з газодимозахисників, який повинен мати електронний планшет для розрахунку часу перебування та роботи ланки ГДЗС у непридатному для

дихання середовищі та засоби для підтримання зв'язку з командиром ланки ГДЗС.

Ця вимога є обов'язковою до виконання і не може порушуватись керівником гасіння пожежі. Як правило першим керівником гасіння пожежі є начальник караулу або командир відділення який виконує обов'язки начальника караулу.

Згідно Табеля оперативного розрахунку особового складу відділення на автоцистерні [1] обов'язки постового на посту безпеки виконує пожежний-рятувальник № 3.

Беручи до уваги штат пожежних рятувальників в державних пожежно-рятувальних частинах та пожежно-рятувальних постах. На даний момент часу в штаті перебуває: в ДПРЧ де в оперативному розрахунку знаходиться дві пожежні автоцистерни і автодрабина 16 пожежних рятувальників, в ДПРЧ де в розрахунку знаходиться одна пожежна автоцистерна 8 пожежних рятувальників, в ДПРП де в розрахунку знаходиться одна пожежна автоцистерна 4 пожежних рятувальників.

Шляхом розподілу пожежних-рятувальників по караулах та відділеннях, то на автоцистерні є два пожежних рятувальника в кращому випадку, а в державних пожежно-рятувальних постах один пожежний-рятувальник. Зважаючи на те що особовий склад ДСНС може перебувати на лікуванні або у відпустці. То були випадки коли на зміну заступало по одному пожежному-рятувальнику на відділення.

Тому постає проблема для керівника гасіння пожежі організовуючи ланку газодимозахисної служби для проведення розвідки чи гасіння пожежі немає пожежного-рятувальника щоб забезпечував безпеку ланки і контролював роботу в загазованих задимлених приміщеннях.

Для вирішення цієї проблеми пропонуються різні варіанти. Наприклад ці обов'язки перекласти на водія пожежної автоцистерни. На мою думку цей варіант є малоефективним тому що водій при роботі на автоцистерні зайнятий іншими обов'язками і має забезпечувати подачу вогнегасних речовин.

В розділі №10 Робота газодимозахисників у засобах індивідуального захисту органів дихання на відкритій місцевості ставиться вимога в безпечній зоні повинен встановлюватися пост безпеки ГДЗС, на якому ведеться облік працюючих, контролюється стан газодимозахисників та підтримується з ними зв'язок, а також ведеться контроль витрат повітря (кисню).

Беручи до уваги досвід Європейських служб які проводять гасіння пожеж та те, що Україна стала державою-учасницею Механізму цивільного захисту ЄС 20 квітня 2023 року. Розділ 3 організація роботи поста безпеки ГДЗС [2] потребує коригування і перегляду.

Досвід Європейських країн показує, що гасіння пожеж в загазованих задимлених середовищах проводиться без постових на посту безпеки. Як правило час роботи газодимозахисників контролює командир ланки.

Підводячи підсумок можна сказати, що вимога яка ставиться керівнику гасіння пожежі для забезпечення безпеки ланки газодимозахисної служби виставлення постового на пост безпеки не можлива тому, що не достатньо особового складу в караулах.

Для контролю за часом під час роботи на пожежі це здійснює командир ланки газодимозихисної служби. Але, якщо командир ланки це не проконтролює то в сучасних апаратах захисту органів дихання є звуковий сигнал, який сповіщає про закінчення повітря орієнтовно при тиску 50-60 атмосфер цей тиск ще дозволяє 5 хв. перебувати ізольованим від зовнішнього середовища, що дасть змогу безпечно покинути задимлену зону.

Для вирішення цієї проблеми я пропоную внести зміни до нормативного документу [2], а саме під час гасіння пожеж площею до 100 м^2, на об'єктах не складного планування та не великої площі постовий на посту безпеки за рішенням КГП може не призначатися.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МВС України від 26.04.2018 року № 340 (Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства внутрішніх справ № 50 від 26.01.2022 року, № 251 від 18.04.2024, № 70 від 06.02.2025) «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. Наказ МВС України від 25.09.2023 року № 780 «Про затвердження порядку організації роботи органів управління та підрозділів, закладів освіти системи ДСНС під час підготовки особового складу, гасіння пожеж, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та інших небезпечних подій в умовах екстремальних температур, задимленості, загазованості, радіоактивного, хімічного забруднення та біологічного зараження»

УДК 614.8:614.84:504.06

ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ

***Андрій МЕЛЬНИЧЕНКО**, д-р філософії, доц.,*
***Ярослав ІВАНЕНКО**, курсант Навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах зростання техногенних ризиків, ускладнення виробничих процесів та підвищення щільності забудови територій особливої актуальності набувають питання прогнозування та ліквідації

надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних із викидом небезпечних газів. Такі надзвичайні ситуації характеризуються швидкою динамікою розвитку, складністю оцінювання параметрів зони ураження та високим рівнем загрози для населення, персоналу об'єктів і рятувальних підрозділів. У зв'язку з цим ефективність реагування значною мірою визначається якістю організації процесу ліквідації НС та науково обґрунтованими методами прогнозування наслідків аварій.

Організація процесу ліквідації надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів повинна ґрунтуватися на принципах поетапності дій, чіткого розподілу повноважень між суб'єктами реагування та наявності прямих і зворотних міжрівневих зв'язків. Координацію діяльності різних служб та підрозділів доцільно здійснювати через оперативно-рятувальний штаб, який забезпечує узгодженість управлінських рішень, їх коригування відповідно до змін обстановки та раціональне використання наявних ресурсів.

Початковим етапом реалізації методики прогнозування рівня хімічного ураження є організація моніторингу зони надзвичайної ситуації. Моніторинг розглядається як безперервний процес збору первинної інформації про параметри хімічного забруднення та метеорологічні умови, що визначають характер поширення небезпечних газів. Структура системи моніторингу доцільно формувати за багаторівневим принципом, який передбачає наявність засобів реєстрації параметрів, систем їх оброблення та аналітичного рівня ухвалення рішень.

На першому рівні системи моніторингу застосовують технічні засоби контролю концентрації небезпечних речовин і метеорологічних параметрів. Такі засоби можуть бути стаціонарними або мобільними, а їх розміщення здійснюють з урахуванням просторової неоднорідності зони ураження. Розосередження приладів контролю по горизонталі та вертикалі дозволяє отримувати більш репрезентативні дані щодо розподілу небезпечних газів у повітряному середовищі. Підвищення якості моніторингової інформації забезпечується шляхом інтеграції різнотипних приладів у єдину систему збору даних.

Другий рівень системи моніторингу призначений для оброблення первинної інформації, її фільтрації, узагальнення та передавання на вищий рівень управління. На третьому рівні здійснюють аналіз отриманих даних, прогнозування розвитку аварійної ситуації та підготовку управлінських рішень щодо подальших дій з ліквідації наслідків НС. Така ієрархічна структура дозволяє забезпечити оперативність реагування та адаптацію управлінських рішень до реальних умов розвитку аварії.

Важливим елементом організаційно-методичного забезпечення ліквідації НС з викидом небезпечних газів є використання автоматизованих систем прогнозування. Застосування математичних моделей розповсюдження небезпечних речовин в атмосфері дає змогу

оцінювати можливі масштаби зони ураження, визначати безпечні відстані для роботи рятувальних підрозділів та прогнозувати ризики для цивільного населення. Доцільним є одночасне прогнозування за декількома сценаріями розвитку ситуації, що дозволяє керівному органу обрати оптимальний варіант реагування з урахуванням наявних ресурсів і часових обмежень.

Методика прогнозування є складовою загального циклу кризового управління під час ліквідації аварій. На етапі прогнозування керівний орган визначає часові горизонти розрахунків, ключові критерії оцінювання небезпеки та допустимі рівні ризику. Отримані результати прогнозування використовують для планування дій рятувальних служб, визначення потреб у технічних засобах, особовому складі та матеріальних ресурсах. У процесі активної фази ліквідації НС здійснюють безперервне уточнення вхідних параметрів моделей на основі оновлених моніторингових даних, що дозволяє коригувати управлінські рішення відповідно до змін обстановки.

У практиці цивільного захисту доцільно розрізняти попереднє та аварійне прогнозування наслідків викиду небезпечних газів. Попереднє прогнозування виконують на етапі планування та проєктування з метою обґрунтування інженерно-технічних рішень, визначення безпечних зон забудови та розроблення планів реагування екстрених служб. Аварійне прогнозування здійснюють безпосередньо під час ліквідації надзвичайної ситуації з використанням даних оперативної розвідки. Результати таких розрахунків є підґрунтям для ухвалення рішень щодо евакуації населення, обмеження доступу до небезпечної зони та забезпечення безпеки рятувальників.

Запропоновані організаційно-методичні підходи дозволяють підвищити ефективність функціонування оперативно-рятувального штабу, зменшити час на оцінювання обстановки та покращити обґрунтованість управлінських рішень. Водночас слід враховувати, що застосування розробленої методики має певні обмеження, зумовлені припущеннями, закладеними в математичні моделі, зокрема щодо параметрів хмари небезпечного газу та можливостей її активного осадження. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вдосконалення моделей шляхом фрагментації зони ураження та врахування неоднорідних умов впливу на хмару забруднення.

Таким чином, реалізація системного організаційно-методичного підходу до прогнозування та ліквідації надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів створює передумови для підвищення рівня цивільного захисту територій, зменшення ризиків для населення та забезпечення безпеки роботи аварійно-рятувальних підрозділів. Запропоновані підходи можуть бути використані як на етапі планування заходів цивільного захисту, так і безпосередньо під час реагування на аварійні ситуації на хімічно

небезпечних об’єктах. Їх практичне впровадження сприятиме підвищенню узгодженості дій між різними суб’єктами реагування, скороченню часу ухвалення управлінських рішень та зменшенню негативного впливу надзвичайних ситуацій на довкілля і здоров’я населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змін. і допов.).
2. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту : постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 № 11 (зі змін. і допов.).
3. Мельниченко А. С., Кустов М. В., Демент М. О. Прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів : монографія. – Черкаси : Нац. ун-т цивільного захисту України, 2025. – 158 с.
4. Кустов М. В., Басманов О. Є., Мельниченко А. С. Моделювання зони хімічного ураження в умовах локалізації надзвичайної ситуації. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків, 2020. Вип. 32. С. 142–157.
5. ISO 22320:2018. Security and resilience – Emergency management – Guidelines for incident management.
6. ДСТУ 7095:2009. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Захист населення у надзвичайних ситуаціях. Основні положення.

УДК 614.8:614.84:504.06

ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Андрій МЕЛЬНИЧЕНКО*, д-р філософії, доц.,*
Єгор ЧЕРЕДНИК*, курсант Навчально-наукового*
інституту цивільного захисту
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний розвиток техногенної сфери, зростання кількості об’єктів підвищеної небезпеки, а також воєнні дії на території України зумовлюють необхідність удосконалення системи моніторингу хімічного забруднення. У цих умовах традиційні методи хімічної розвідки, що ґрунтуються переважно на використанні наземних постів спостереження та пересувних лабораторій, не завжди забезпечують необхідну оперативність, просторову повноту інформації та належний рівень безпеки для особового складу. Це актуалізує впровадження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та геоінформаційних технологій як складових сучасної системи цивільного захисту.

Моніторинг хімічного забруднення в умовах надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів має комплексний характер і передбачає поєднання процесів збору, оброблення, аналізу та інтерпретації даних. Особливе значення при цьому має швидкість отримання достовірної

інформації про параметри хімічної та метеорологічної обстановки, оскільки саме вона визначає ефективність прогнозування розвитку аварії та своєчасність ухвалення управлінських рішень. У цьому контексті БПЛА розглядаються як мобільний інструмент хімічної розвідки, здатний оперативно адаптуватися до змін обстановки.

Застосування БПЛА у системі моніторингу хімічного забруднення дозволяє здійснювати дистанційне обстеження територій без безпосереднього перебування особового складу у небезпечній зоні. Це є критично важливим при аваріях з викидом токсичних газів, коли концентрації небезпечних хімічних речовин можуть перевищувати гранично допустимі значення та створювати загрозу життю і здоров'ю рятувальників. Оснащення БПЛА портативними газоаналізаторами, метеорологічними сенсорами, а також засобами оптичного та тепловізійного спостереження забезпечує можливість комплексного збору даних про концентрацію небезпечних газів, напрямок і швидкість їх поширення, а також вплив рельєфу та забудови на формування зони ураження.

Використання безпілотних систем дозволяє уточнювати межі зони хімічного забруднення, виявляти локальні осередки з підвищеною концентрацією небезпечних речовин та здійснювати спостереження за динамікою розвитку надзвичайної ситуації у часі. Отримана інформація може використовуватися як для безпосереднього управління силами та засобами під час ліквідації наслідків аварії, так і для коригування результатів аналітичного та модельного прогнозування хімічної обстановки. Крім того, БПЛА є ефективним інструментом контролю технічного стану промислових об'єктів, резервуарів, трубопроводів і технологічних установок, пошкоджених унаслідок аварій або бойових дій.

Важливим організаційно-методичним аспектом застосування БПЛА є визначення алгоритмів їх використання залежно від типу небезпечної хімічної речовини, масштабу аварії, метеорологічних умов та особливостей місцевості. Зокрема, при викидах газоподібних небезпечних речовин доцільним є проведення багаторазових польотів на різних висотах для оцінювання вертикального та горизонтального розподілу концентрацій. Такий підхід дозволяє уточнювати параметри зон хімічного зараження та підвищувати точність прогнозування можливих наслідків для населення і навколишнього середовища.

Геоінформаційні технології відіграють визначальну роль у систематизації та аналізі даних, отриманих у процесі моніторингу. Геоінформаційні системи забезпечують інтеграцію результатів вимірювань, даних дистанційного зондування, аналітичних і модельних розрахунків у єдине просторово-часове середовище. Це створює можливість формування цифрових карт хімічного забруднення, відображення меж зон можливого ураження, а також прогнозування їх зміни залежно від метеорологічних умов та характеру джерела викиду.

Використання геоінформаційних систем створює умови для комплексного аналізу ризиків з урахуванням щільності населення, функціонального призначення територій, особливостей забудови, наявності об'єктів критичної інфраструктури та шляхів евакуації. На основі просторового аналізу можливе обґрунтоване планування заходів щодо захисту населення, визначення безпечних маршрутів руху аварійно-рятувальних підрозділів, оптимального розміщення пунктів управління, медичної допомоги та тимчасового укриття населення.

Поєднання можливостей БПЛА та геоінформаційних технологій забезпечує створення інтегрованої системи моніторингу хімічного забруднення, орієнтованої на підтримку прийняття управлінських рішень у режимі реального часу. Така система дозволяє оперативно оновлювати інформацію про обстановку, аналізувати різні сценарії розвитку надзвичайної ситуації, оцінювати ефективність застосованих заходів реагування та своєчасно коригувати дії сил цивільного захисту. Особливе значення це має в умовах воєнного стану, коли доступ до окремих територій є обмеженим або пов'язаний з підвищеним ризиком.

Крім оперативного реагування, застосування БПЛА та геоінформаційних технологій створює передумови для накопичення та систематизації даних про аварії з викидом небезпечних газів. Формування просторово орієнтованих баз даних дає змогу здійснювати ретроспективний аналіз надзвичайних ситуацій, виявляти типові закономірності їх розвитку та оцінювати ефективність прийнятих управлінських рішень. Це сприяє удосконаленню планів реагування, підвищенню рівня підготовки підрозділів цивільного захисту та загальної готовності територіальних громад до можливих техногенних загроз.

Таким чином, застосування безпілотних літальних апаратів та геоінформаційних технологій у системі моніторингу хімічного забруднення є одним із пріоритетних напрямів підвищення ефективності прогнозування та ліквідації надзвичайних ситуацій з викидом небезпечних газів. Комплексне впровадження цих засобів забезпечує зменшення ризиків для населення і особового складу, підвищує обґрунтованість управлінських рішень та відповідає сучасним вимогам цивільного захисту в умовах зростання техногенних і воєнних загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змін. і допов.).
2. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту : постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 № 11 (зі змін. і допов.).
3. Мельниченко А. С., Кустов М. В., Дement М. О. Прогнозування хімічної обстановки при аваріях з викидом небезпечних газів : монографія. – Черкаси : Нац. ун-т цивільного захисту України, 2025. – 158 с.

4. Кустов М. В., Басманов О. Є., Мельниченко А. С. Моделювання зони хімічного ураження в умовах локалізації надзвичайної ситуації. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків, 2020. Вип. 32. С. 142–157.
5. ISO 22320:2018. Security and resilience – Emergency management – Guidelines for incident management.
6. ДСТУ 7095:2009. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Захист населення у надзвичайних ситуаціях. Основні положення.

УДК 621.311

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

***Сергій ВАВРЕНЮК**, д-р наук з державного управління, доц.,*
проф. кафедри організації і проведення аварійно-рятувальних робіт
Національний університет цивільного захисту України

Функціонування електричних мереж у період воєнного стану відбувається за умов суттєвого ускладнення режимів роботи, різкого зростання техногенних ризиків й необхідності безперервного електропостачання об’єктів критичної інфраструктури. Систематичні ракетні удари, артилерійські обстріли, вибухові й механічні впливи формують аварійні ситуації, які істотно відрізняються від умов мирного часу як масштабами загроз, так і швидкістю їх виникнення. В таких обставинах пожежна небезпека електричних кабелів та проводів зростає внаслідок одночасної дії військових, технічних, експлуатаційних й природних чинників.

Пошкодження елементів електромереж під час бойових дій призводять до коливань напруги, аварійних перевантажень, порушення цілісності ізоляції, руйнування кабельних трас й розподільчого обладнання. Це зумовлює необхідність застосування спеціальних підходів до експлуатації, діагностики та технічного обслуговування електричних мереж, спрямованих на підвищення їх стійкості до пожеж, локалізацію наслідків коротких замикань й зменшення вторинних ризиків для персоналу та об’єктів інфраструктури.

Аналіз загроз для кабельних систем показує, що воєнні фактори є одними з найбільш небезпечних з точки зору пожежної безпеки. Ураження вибуховою хвилею спричиняє механічне руйнування ізоляції та деформацію струмопровідних жил, що призводить до коротких замикань та локальних осередків займання [1]. Осколкові ураження викликають пробивання оболонки кабелів або обрив провідників, внаслідок чого виникає іскріння й миттєве займання горючих конструкцій. Пожежі після обстрілів створюють тривалий термічний вплив на кабельні лінії,

спричиняючи проплавлення ізоляції та утворення струмопровідних містків. Додаткову небезпеку становить дія електромагнітного імпульсу, що призводить до перевищення імпульсної напруги, пробою ізоляції, виникнення коротких замикань та подальшого розвитку пожеж.

Технічні фактори пожежної небезпеки пов'язані з перевантаженням електричних мереж, старінням та зволоженням ізоляційних матеріалів, а також пошкодженням контактних з'єднань. Перевантаження спричиняють підвищення робочої температури провідників, що може призводити до тління, плавлення ізоляції та займання кабельних трас. Старіння ізоляції в поєднанні з впливом вологи погіршує її діелектричні властивості, підвищуючи ймовірність коротких замикань й дугових розрядів. Пошкодження контактів супроводжується локальним перегріванням в місцях з'єднання, що часто стає безпосередньою причиною пожеж.

Експлуатаційні чинники додатково посилюють пожежну небезпеку електричних мереж у воєнний період. Використання тимчасових схем електропостачання нерідко супроводжується невідповідністю навантажень проєктним режимам, що створює ризик виникнення дугових замикань. Неналежний технічний огляд мереж після обстрілів призводить до пропускання прихованих ушкоджень, які можуть спричинити розвиток пожежі із затримкою вже під час подальшої експлуатації.

Природні фактори, зокрема підвищена температура навколишнього середовища, обмерзання та зволоження кабельних ліній, також суттєво впливають на пожежну небезпеку. Висока температура прискорює старіння ізоляції, збільшуючи вірогідність її пробою та загоряння. Проникнення вологи в кабельні лінії під час обмерзання або опадів спричиняє появу перехідних струмів, що можуть призводити до коротких замикань й займання.

Узагальнення результатів дослідження свідчить, що пожежна небезпека електричних кабелів та проводів в умовах воєнного стану має комплексний характер і формується під дією сукупності воєнних, технічних, експлуатаційних й природних факторів. Забезпечення пожежної безпеки електричних мереж в таких умовах потребує системного підходу, який передбачає підсилення фізичного захисту кабельних ліній, застосування вогнестійких матеріалів та конструкцій, регулярну діагностику прихованих ушкоджень й адаптацію режимів експлуатації до нестандартних навантажень воєнного часу.

В умовах воєнного стану режими роботи електричних мереж зазнають суттєвого ускладнення, що зумовлюється нерівномірністю навантажень, частими оперативними перемиканнями, втратою резервних ліній та необхідністю роботи при пошкоджених елементах інфраструктури. Порушення стабільності електропостачання супроводжується різкими коливаннями напруги, імпульсними перенапругами, аварійними перевантаженнями та нестандартними перехідними процесами, які

створюють додатковий термічний та електродинамічний вплив на кабелі й проводи. В таких умовах значно підвищується ризик пошкодження ізоляції, розвитку часткових розрядів, локального перегрівання й виникнення дугових замикань, що безпосередньо впливає на рівень пожежної небезпеки електричних мереж [2].

З урахуванням специфіки роботи електричних мереж у воєнний період важливо системно оцінити, як ускладнені режими впливають на технічний стан кабелів та проводів й формують додаткові пожежні ризики. Часті оперативні перемикання, дефіцит резервних ліній електропередачі, нерівномірність навантаження й імпульсні перенапруги створюють умови, за яких кабельні системи працюють на межі або за межами допустимих параметрів.

Нами були виділені ускладнені режими роботи електричних мереж під впливом військових загроз. До таких режимів можна віднести:

- різкі коливання напруги;
- аварійні перевантаження;
- робота під час дефіциту резервування;
- імпульсні перенапруги;
- нерівномірність навантаження;
- порушення режимів охолодження;
- часті перехідні процеси.

Аналіз узагальнених даних свідчить, що ускладнені режими роботи електричних мереж у воєнний період суттєво підвищують ризик пошкодження кабелів й проводів, стимулюючи розвиток аварійних та пожежонебезпечних процесів. Різкі коливання напруги, аварійні перевантаження, імпульсні перенапруги й порушення умов охолодження призводять до перегрівання провідників, прискореного старіння ізоляції, появи часткових розрядів й формування дугових замикань. В сукупності ці фактори створюють передумови для виникнення й швидкого поширення пожеж в кабельних трасах, особливо за умов обмеженого контролю й руйнування інфраструктури внаслідок бойових дій.

Цей аналіз підтверджує необхідність посилення вимог до технічного обслуговування, оперативного моніторингу стану кабельних ліній, застосування захисних пристроїв й оптимізації режимів роботи електричних мереж в період воєнного стану, що є ключовим елементом забезпечення їхньої пожежної безпеки.

Як висновок можна зазначити, що експлуатація електричних мереж у воєнний період супроводжується унікальним комплексом ризиків, які суттєво відрізняються від умов мирного часу й безпосередньо впливають на пожежну небезпеку кабельних ліній. В таких умовах ізоляція швидко втрачає свої властивості, зростає ймовірність часткових розрядів й дугових замикань, а також підвищується ризик розвитку прихованих дефектів, що ускладнює своєчасне виявлення небезпечних пошкоджень.

Встановлено, що ускладнені режими роботи безпосередньо корелюють зі збільшенням теплових втрат й суттєвим підвищенням температури провідників, що може перевищувати допустимі значення й створювати передумови для займання кабельних трас. Нестандартні експлуатаційні умови, зокрема засмічення кабельних каналів, зволоження, порушення протипожежних перетинок, обмеження доступу до об'єктів, додатково підсилюють пожежну небезпеку та ускладнюють проведення діагностики й технічного обслуговування.

Специфіка роботи електричних мереж під час воєнного стану формує підвищений рівень пожежної безпеки [3], що вимагає адаптації експлуатаційних регламентів, підвищення вимог до технічного контролю стану кабелів й проводів, впровадження сучасних методів діагностики та застосування захисних і конструктивних заходів, спрямованих на мінімізацію наслідків аварійних режимів. Отримані висновки є основою для подальшого аналізу загроз та розроблення заходів з підвищення надійності й пожежної безпеки кабельних мереж.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ IEC 60826:2024. Повітряні лінії електропередавання. Критерії проєктування (IEC 60826:2017, IDT). Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2024.
2. Землянський О. М., Мигаленко К. І., Заїка П. І., Томенко В. І., Тарасов С. С., Зобенко О. О., Томенко М. Г. Спеціальна електротехніка: Навчальний посібник. Черкаси. ЧІПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗУ України. 2022. 540 с.
3. Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Рябцев Г. Л. Енергетична безпека України. Перспективна модель управління ризиками. Монографія. За ред. О. М. Суходолі. Київ. НІСД. 2023. 152 с.

УДК 614.84

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВОДНОГО СТРУМЕНЯ В ПОВІТРІ ПРИ ПОЖЕЖОГАСІННІ

***Олексій БАСМАНОВ**, д-р техн. наук, проф.*
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України
***Дарина КАРПОВА**, викладач кафедри інженерно-технічних заходів цивільного захисту Навчально-наукового інституту інженерної та спеціальної підготовки НУЦЗУ*
Національний університет цивільного захисту України

Пожежі є одним із найнебезпечніших чинників техногенного характеру, що призводять до значних матеріальних втрат і загрожують життю людей. Вода залишається основним засобом пожежогасіння, а ефективність її застосування значною мірою залежить від характеру руху

водного струменя в повітрі після виходу з пожежного ствола. Особливої актуальності набуває питання прогнозування траєкторії та дальності подачі води в умовах автоматизованих і роботизованих систем пожежогасіння [1].

Існуючі підходи до опису руху водного струменя часто базуються на спрощених балістичних моделях або емпіричних залежностях, що не враховують складних процесів взаємодії води з повітряним середовищем. У реальних умовах суцільний струмінь швидко руйнується та переходить у крапельний потік, що істотно впливає на розподіл води в просторі та її гасильну здатність. Застосування суто емпіричних або даних машинного навчання обмежене умовами експлуатації та не забезпечує універсальності результатів.

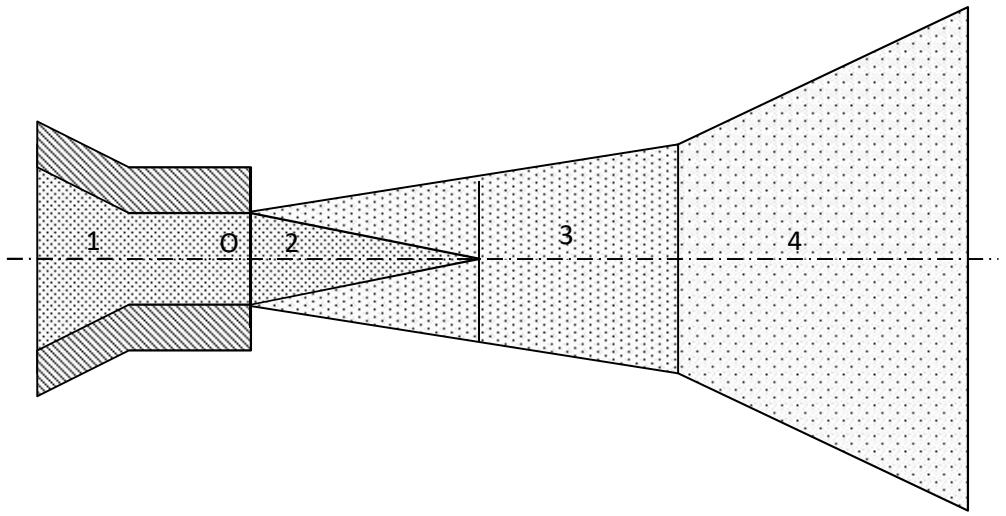


Рисунок 1 – Структура водного струменя в повітрі:
1 – вода в пожежному стволі; 2 – ядро струменя;
3 – крапельна зона; 4 – високо дифузійна зона

Теоретичний опис руху водного струменя доцільно здійснювати з урахуванням його поділу на характерні зони: зону суцільного ядра, крапельну зону та зону інтенсивної дифузії (рис. 1).

Режим руйнування струменя визначається безрозмірними критеріями течії, зокрема числом Вебера [2], значення якого для типових параметрів пожежних стволів відповідає режиму швидкого зсувного руйнування. Унаслідок цього формування крапель відбувається практично одразу після виходу води зі ствола.

Для опису руху води в повітрі доцільним є комбінований підхід, що поєднує лагранжевий опис руху окремих крапель з ейлеровим представленням газової фази. Розподіл швидкостей у газовій фазі може бути представлений осесиметричною функцією, тоді як рух крапель визначається сумісною дією сили тяжіння та аеродинамічного опору. Взаємодія між фазами супроводжується обміном імпульсом, що впливає на гальмування крапель і зміну структури струменя.

Важливим елементом теоретичної моделі є опис розподілу розмірів крапель, який може задаватися статистичними законами, зокрема законом Розіна–Раммлера. Розмір крапель істотно впливає на дальність їх поширення: дрібнодисперсні краплі швидко втрачають швидкість і осідають поблизу джерела подачі, тоді як більші краплі формують основну дальність струменя. У результаті падіння води на поверхню, що захищається, відбувається в межах певної просторової області, а не в одній точці [3].

Застосування теоретичних моделей руху водного струменя в повітрі дає змогу обґрунтовувати параметри подачі води та підвищувати ефективність пожежогасіння. Такий підхід є корисним для проєктування сучасних систем пожежного захисту та оцінювання їх роботи за різних умов експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kawade A. U., Kawade P. A., Kaware A. P., Kkulthe A. A., Amune A. C. Smart Fire Fighting Robot // World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences. 2022. Vol. 7 (2). P. 157–162. doi: https://doi.org/10.30574/wjaets.2022.7.2.0137
2. Sallam, K. A., Dai, Z., & Faeth, G. M. (2002). Liquid breakup at the surface of turbulent round liquid jets in still gases. International Journal of Multiphase Flow, 28 (3), 427–449. doi: https://doi.org/10.1016/S0301-9322(01)00067-2
3. Basmanov O., Oliinyk V., Zemlianskyi O., Derevyanko O., Karpova D. Building a model of water jet motion exiting a fire hose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2025. Vol. 5 (10 (137)). P. 77–86. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.341606

УДК 355.58

МОДУЛЬНІ ТА ШВИДКОСПОРУДЖУВАНІ УКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Сергій ГАРБУЗ*, канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України
Дарина КАРПОВА*, викладач кафедри інженерно-технічних заходів цивільного захисту Навчально-наукового інституту інженерної та спеціальної підготовки*
Національний університет цивільного захисту України

Модульні та швидкоспоруджувані укриття для захисту населення є одним із ключових елементів сучасної системи цивільного захисту в умовах зростання техногенних і воєнних загроз [1]. Останні події продемонстрували вразливість міської інфраструктури та необхідність оперативного створення захисних споруд, здатних у короткий термін

забезпечити безпеку значної кількості людей. Традиційні стаціонарні укриття, незважаючи на високі захисні властивості, потребують значних фінансових ресурсів, тривалого часу будівництва та складних проєктних рішень. У цьому контексті модульні та швидкоспоруджувані укриття розглядаються як ефективна альтернатива, що поєднує відносну економічну доступність, мобільність, гнучкість розміщення та достатній рівень захисту від основних уражальних чинників.

Актуальність цієї теми зумовлена необхідністю забезпечення населення доступними та надійними засобами укриття у разі авіаційних ударів, артилерійських обстрілів, промислових вибухів, а також надзвичайних ситуацій природного характеру. Модульні укриття можуть застосовуватися як у міських, так і в сільських умовах, на об'єктах критичної інфраструктури, у закладах освіти та охорони здоров'я, транспортних вузлах і місцях масового перебування людей [2]. Їх універсальність та адаптивність дають змогу швидко реагувати на зміну безпекової обстановки й перерозподіляти ресурси відповідно до актуальних потреб.

Під модульними та швидкоспоруджуваними укриттями розуміють захисні споруди, що складаються з окремих стандартизованих елементів (модулів), виготовлених у заводських або напівзаводських умовах та змонтованих безпосередньо на місці експлуатації у стислий термін без виконання масштабних земляних і будівельних робіт [2]. За конструктивним виконанням вони можуть бути виготовлені у вигляді залізобетонних, металевих, композитних або комбінованих блоків, з'єднаних болтовими, зварними чи замковими з'єднаннями. Залежно від призначення та умов розміщення такі укриття можуть бути підземними, напівзаглибленими або наземними.

Основною перевагою модульних укриттів є швидкість їх розгортання. У середньому монтаж захисної споруди на 20–50 осіб може тривати від кількох годин до однієї–двох діб, що є критично важливим за умов загрози негайних ударів [3]. Заводське виготовлення модулів забезпечує стабільну якість, зменшує вплив людського чинника на процес будівництва та спрощує логістику і контроль строків виконання робіт. Крім того, уніфікація конструктивних рішень сприяє масштабуванню виробництва та зниженню собівартості одиниці укриття.

З погляду функціональних характеристик модульні укриття мають забезпечувати захист від ударної хвилі, уламків, обвалів конструкцій, теплового випромінювання, а за потреби – від радіаційних і хімічних чинників. Для цього застосовуються багатошарові стіни із залізобетону або сталі, заповнення порожнин піском чи ґрунтом, енергопоглинальні елементи та протиуламкові екрани. Важливою складовою є герметичність укриття, що досягається використанням ущільнювальних матеріалів, спеціалізованих дверей і люків, а також фільтровентиляційних систем, здатних очищати повітря від пилу, диму й токсичних речовин.

Не менш важливим аспектом є забезпечення мінімально необхідних умов для перебування людей протягом заданого часу. До них належать системи вентиляції, освітлення, лави або сидіння, санітарні вузли (у більших укриттях), запаси питної води та аптечки першої допомоги [2]. У деяких проєктах передбачаються елементи автономного енергозабезпечення, зокрема акумуляторні батареї або малогабаритні генератори, що дає змогу підтримувати роботу систем життєзабезпечення у разі відключення електропостачання.

Класифікація модульних та швидкоспоруджуваних укриттів може здійснюватися за кількома критеріями: за місткістю (індивідуальні, групові, колективні), за рівнем захисту (протирадіаційні укриття, укриття базового типу, укриття з підвищеною конструктивною стійкістю), за способом встановлення (мобільні, стаціонарні, тимчасові), а також за матеріалом виготовлення (металеві, залізобетонні, полімерні, комбіновані). Така різноманітність дає змогу обирати оптимальні рішення залежно від конкретних умов території, наявного бюджету та очікуваних загроз [3].

Водночас застосування модульних і швидкоспоруджуваних укриттів має низку обмежень і проблемних аспектів. По-перше, рівень їх захисту, як правило, є нижчим порівняно зі стаціонарними сховищами, особливо щодо потужних вибухових навантажень і тривалого перебування людей у замкненому просторі. По-друге, існують труднощі інтеграції таких споруд у вже сформовану міську забудову, зокрема щодо виділення земельних ділянок, підключення до інженерних мереж і дотримання містобудівних норм. По-третє, важливими залишаються питання належного технічного обслуговування, регулярного контролю стану та постійної готовності укриттів до використання.

Особливу увагу слід приділяти нормативно-правовому забезпеченню проєктування, будівництва та експлуатації модульних укриттів. В Україні ці питання регулюються будівельними нормами й відомчими документами у сфері цивільного захисту, а також методичними рекомендаціями профільних навчальних закладів. Водночас з урахуванням нових викликів і технологічних можливостей існує потреба в оновленні нормативної бази, зокрема щодо класифікації швидкоспоруджуваних укриттів, вимог до їх захисних характеристик, процедур сертифікації та контролю якості.

Перспективи розвитку модульних укриттів пов’язані з упровадженням нових матеріалів і конструктивних рішень, що дасть змогу підвищити їх міцність, зменшити масу та спростити монтаж. Зокрема, перспективними є напрями використання високоміцних бетонів, композитних матеріалів, сендвіч-панелей з енергопоглинальними шарами, а також 3D-друку окремих елементів. Крім того, інтеграція цифрових технологій у процес проєктування (BIM-моделювання) дозволяє оптимізувати конфігурації укриттів, попередньо оцінювати їхню стійкість до різних навантажень і планувати логістику розгортання [4].

Отже, модульні та швидкоспоруджувані укриття є важливим і перспективним напрямом розвитку систем захисту цивільного населення. Вони не можуть повністю замінити стаціонарні захисні споруди, однак здатні суттєво підвищити загальний рівень безпеки в умовах обмежених ресурсів і швидкозмінних загроз. Комплексний підхід до їх упровадження, що поєднує технічні, організаційні та нормативні заходи, дозволить створити ефективну мережу укриттів, орієнтовану на реальні потреби населення та специфіку окремих територій. Подальші наукові дослідження й практичні розробки у цій сфері мають бути спрямовані на підвищення надійності, доступності та функціональної придатності модульних укриттів як ключового елементу сучасної інфраструктури безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Baranov V. A., Kucherenko Y. M. Engineering Protection of Territories and Structures. – Kyiv: KNUCA, 2018.
2. Kovalchuk V. P. Protective Structures for Civil Defense: Design and Operation. – Lviv: LPU, 2017.
3. FEMA. Safe Rooms for Tornadoes and Hurricanes (FEMA P-361). – Washington, 2021.
4. UNDRR. Guidelines for Temporary and Modular Shelters in Emergencies. – Geneva, 2019.

УДК 351.78:061

КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ІНСТИТУЦІЙНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

***Віталій КОСТЕНКО**, канд. наук з державного управління, доц., доц. кафедри управління у сфері цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

Розвиток інституційної спроможності України – це насамперед підвищення здатності державних інституцій ефективно функціонувати, ухвалювати компетентні рішення та надавати послуги громадянам, що критично важливо для європейської та євроатлантичної інтеграції. Для України це вимагає комплексного підходу, що охоплює реформування всіх рівнів влади. Євроатлантична інтеграція дає Україні можливість отримати доступ до європейських фондів, технологіями та найкращими практиками, обміну досвідом. При цьому, головним викликом є необхідність швидкої трансформації та модернізації вітчизняної системи, подолання інституційних бар'єрів та забезпечення стійкості системи під час інтеграційних процесів.

Інституційна спроможність у сфері цивільного захисту – це здатність органів влади та спеціалізованих служб ефективно виконувати завдання із запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків, спираючись

на ресурси та правову базу. Спроможність у цій сфері в умовах євроатлантичної інтеграції передбачає адаптацію її інститутів до європейських стандартів через реформування управління, підвищення професіоналізму персоналу та забезпечення ресурсами, щоб ефективно виконувати функції, балансувати інтереси та протистояти новим загрозам, інтегруючи європейські підходи до координації та реагування, зокрема, в рамках функціонування **Єдиної державної системи цивільного захисту**.

Інституційна спроможність системи цивільного захисту України в контексті євроатлантичної інтеграції визначається здатністю державних інституцій адаптуватись до стандартів ЄС та НАТО для ефективного управління ризиками та реагування на надзвичайні ситуації. Це вимагає узгодження національного законодавства та практик з Директивами ЄС, розширення бачення спроможності системи, яка охоплює всі рівні управління, сили і засоби. Інтеграція передбачає не просто імплементацію законів, а зміну культури управління та реагування на надзвичайні ситуації з акцентом на профілактику, готовність та міжнародну співпрацю, що відповідає сучасним європейським підходам до управління ризиками.

Ключовими аспектами інституційної спроможності цивільного захисту є: гармонізація українського законодавства з acquis communautaire ЄС у сфері цивільного захисту, що передбачає приведення Кодексу цивільного захисту у відповідність до директив ЄС, зокрема щодо управління великими аваріями та захисту критичної інфраструктури; удосконалення системи управління, що включає органи всіх рівнів, сили цивільного захисту, формування та спеціальні служби; забезпечення належного рівня професійної підготовки, організації та ресурсів для ефективного функціонування; підвищення кваліфікації персоналу, зокрема, навчання на основі європейських підходів та найкращих практик; здатність системи швидко реагувати та адаптуватися до нових викликів, як внутрішніх, так і зовнішніх, зокрема, в умовах війни та євроінтеграції.

Можна виокремити такі ключові напрями розвитку спроможності:

1. **Інтеграція до Механізму цивільного захисту ЄС:** У 2023 році Україна стала повноправним учасником Механізму цивільного захисту ЄС [1], що надає ДСНС ті ж права та обов'язки, що й країнам-членам ЄС. Це включає доступ до спільних ресурсів, навчання персоналу та фінансову підтримку через грантові проєкти.

2. **Впровадження стандартів НАТО (STANAG):** Триває адаптація системи спеціальних звань та підготовки кадрів до стандартів Альянсу. Персонал ДСНС проходить мовну підготовку за стандартом NATO STANAG-6001, що забезпечує взаємосумісність під час міжнародних рятувальних операцій.

3. **Цифровізація та технічне переоснащення: П**ідвищення спроможності відбувається через залучення європейських інструментів, таких як надзвичайні запаси **rescEU**, які постачають медичне, енергетичне

та спеціалізоване обладнання. З 2026 року Україна впроваджує Європейську вертикальну референтну систему для координації геопросторових даних.

Інституційна спроможність системи цивільного захисту у 2026 році визначається здатністю державних органів, місцевого самоврядування та сил цивільного захисту ефективно виконувати завдання в умовах триваючої війни та одночасного переходу до стандартів ЄС.

Цей процес передбачає: створення та раціональне використання фінансових і матеріальних резервів для ліквідації наслідків НС; регулярну перевірку та модернізацію систем оповіщення, а також підвищення стійкості цифрової інфраструктури; забезпечення укриття населення в захисних спорудах [2, 3] та захист об'єктів критичної інфраструктури від ракетних ударів і БПЛА; здатність системи здійснювати моніторинг, прогнозувати загрози та оцінювати можливі соціально-економічні наслідки надзвичайних ситауцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Угода між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, з іншої сторони, щодо участі України в Механізмі цивільного захисту Союзу. URL: https://zakon. rada.gov.ua/laws/show/984_002-23#Text.
2. Про схвалення Стратегії розвитку фонду захисних споруд цивільного захисту на період до 2034 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації. Розпорядження КМУ від 4 березня 2025 року № 183 - р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/183-2025-%D1%80#Text.
3. Щодо результатів оперативних обстежень об’єктів фонду захисних споруд цивільного захисту та вирішення проблемних питань щодо укриття населення. Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 23 червня 2023 р, уведеного в дію Указом Президента України від 26 червня 2023 р. № 353

УДК 351.78

МІЖНАРОДНА УЧАСТЬ СИЛ І ЗАСОБІВ ДСНС УКРАЇНИ У ПРОВЕДЕННІ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ (ВАЖКОГО) МІСТА

***Олександр ЗЕМЛЯНСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,*
начальник кафедри управління у сфері цивільного захисту,
***Віталій КОСТЕНКО**, канд. наук з державного управління, доц.,*
доц. кафедри управління у сфері цивільного захисту
Національний університет цивільного захисту України

ДСНС є невід'ємною частиною сектору безпеки та оборони України, що відповідає за реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту, запобігання та реагування на НС. Відповідно до статті 137 Кодексу ЦЗ ДСНС здійснює представництво України в міжнародних

організаціях з питань ЦЗ. ДСНС України здійснює двостороннє співробітництво у сфері ЦЗ із відповідними органами влади та регіональними службами із НС іноземних держав відповідно до положень 23 міжурядових Угод, 7 Меморандумів про взаєморозуміння і Спільних декларацій про наміри, а також відповідно до Планів спільних дій, розроблених на виконання міжурядових Угод [1].

Відповідно до статті 137 Кодексу цивільного захисту України [2] представництво України в міжнародних організаціях з питань цивільного захисту здійснюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту (ДСНС України).

Поглиблене міжнародне співробітництво України у сфері цивільного захисту набуло особливої актуальності із самого початку повномасштабної військової агресії рф проти України.

Функціонування підрозділів ДСНС України в умовах війни вимагає посилення їх спроможностей для забезпечення ефективного виконання завдань за призначенням.

Пріоритетними напрямами ДСНС України у сфері міжнародного співробітництва згідно Кодексу цивільного захисту є:

- створення договірно-правової бази з питань спільного попередження і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на двосторонній і багатосторонній основах;
- налагодження механізмів взаємодії зі структурами інших держав і міжнародних організацій;
- обмін інформацією і досвідом з відповідних проблем.

Співпрацю між Україною і ЄС у сфері цивільного захисту розпочато підписанням 8 грудня 2008 р. у Брюсселі Адміністративної домовленості між, на той час, МНС України і Генеральним Директоратом «Навколишнє середовище» Єврокомісії щодо співпраці між Центром моніторингу та інформації Механізму цивільного захисту Співтовариства та Оперативно-черговою службою МНС України.

20 квітня 2023 року Україна офіційно приєдналась до Механізму цивільного захисту Європейського Союзу [3].

Перевагами повноправного членства України в Механізмі цивільного захисту ЄС є:

- повноцінне використання всіх інструментів та програм ЄС;
- участь у Програмі підготовки механізмів та у Програмі обміну експертами;
- участь у повномасштабних навчаннях, модульних вправах;
- участь у мережі знань Механізму цивільного захисту;
- доступ до конкурсів пропозицій щодо проєктів із запобігання та готовності (двосторонні та регіональні проєкти);
- участь у резерві цивільного захисту ЄС;
- участь в експертних оцінках управління катастрофами;

– покриття транспортних витрат та/або витрат на розгортання та/або потужностей у резерві цивільного захисту ЄС;
– використання можливостей рятувальних спроможностей тощо.

Починаючи з 2023 року за запитом Європейської Комісії представники ДСНС здійснюють періодичні робочі візити до Центру координації реагування на надзвичайні ситуації (ERCC) з метою надання допомоги у процесах організації та координації міжнародної гуманітарної допомоги, яка надається Україні через Механізм цивільного захисту ЄС, а також поглибленням дієвого співробітництва з європейськими партнерами і отримання практичних знань і навичок щодо роботи МЦЗ ЄС. У тісній співпраці з МЦЗ ЄС зведені аварійно-рятувальні загони ДСНС у лютому та серпні 2023 р. надавали допомогу в ліквідації наслідків потужного землетрусу в Турецькій Республіці та катастрофічної повені в Республіці Словенія.

Пріоритетною складовою співробітництва України з ООН є спільна діяльність із Міжнародною дорадчою консультативною групою ООН з проведення пошуково-рятувальних робіт в умовах міста (INSARAG), де Україна з 2014 року вже має акредитацію системи міжнародної допомоги.

INSARAG – це глобальна мережа, що об’єднує під егідою ООН понад 90 країн і організацій, метою якої є сприяння в питаннях координації дій між різноманітними ПРК, які реагують на міжнародному рівні на НС пов'язані з обваленням будівель і споруд в результаті землетрусів.

У 2014 році пошуково-рятувальна команда важкого класу Мобільного рятувального центру ДСНС України пройшла міжнародну атестацію в системі INSARAG, що дало змогу значно розширити співпрацю з ООН і залучати український пошуково-рятувальний підрозділ до міжнародних рятувальних операцій.

Представники Мобільного рятувального центру швидкого реагування (МРЦШР) беруть участь у засіданнях українсько-польської Комісії в частині співробітництва у рамках Міжнародної консультативної групи ООН з пошуку та порятунку (INSARAG). Співробітництво з польською командою HUSAR Poland. З самого початку створення української команди важкого класу з пошуку та порятунку в умовах міста MRC Ukraine її ментором (наставником) є команда важкого класу з пошуку та порятунку в умовах міста Республіки Польща – HUSAR Poland.

У 2019 року цей підрозділ ДСНС пройшов переатестаційні навчання і підтвердив свою відповідність стандартам INSARAG, як команда важкого класу з проведення пошуково-рятувальних робіт в умовах міста. Свій високий професіоналізм пошуково-рятувальний загін ДСНС України довів у лютому 2023 року при ліквідації наслідків землетрусу у Туреччині.

На даний час Мобільний рятувальний центр швидкого реагування ДСНС України автоматично увійшов до сил МЦЗ ЄС у якості модуля пошуково-рятувальних робіт в умовах міста важкого класу HUSAR, сертифікованого в Механізмі цивільного захисту ЄС.

Фахівці ДСНС готові ділитися з нашими міжнародними партнерами великим практичним досвідом ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру, зокрема військового. Цьому слугуватиме створення ДСНС міжнародного безпекового кластера для обміну передовим досвідом.

Українські рятувальники можуть також поділитись з європейськими колегами досвідом:

- проведення навчань піротехнічних розрахунків;
- здійснення гуманітарного розмінування в умовах війни;
- використання можливостей для надання міжнародної гуманітарної допомоги, включаючи аварійно-рятувальні команди;
- залучення авіації та екіпажів ДСНС для надання допомоги з гасіння лісових пожеж, аеромедичної евакуації, перевезення постраждалих до закладів охорони здоров'я країн ЄС.

Отже, участь сил ДСНС в міжнародних і європейських системах INSARAG і HUSAR сприяє інтеграції українських рятувальних підрозділів у світову систему реагування на надзвичайні ситуації та вдосконаленню професійних вмінь рятувальників з проведення такого виду рятувальних операцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Костенко В.О. Удосконалення системи цивільного захисту в контексті двостороннього співробітництва України та Польщі. Вісник НУЦЗ України. Серія: Державне управління. Випуск 2 (23) 2025. – С. 264-273.
2. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI : станом на 12 верес. 2025 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text.
3. Угода між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, з іншої сторони, щодо участі України в Механізмі цивільного захисту Союзу. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-23#Text.

УДК 614.8

ЛІНІЙНІ ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ТОЧКОВИМ ДЛЯ ОКРЕМИХ ВИПАДКІВ СИСТЕМ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

***Ангеліна БОЦУЛЯК**, курсант інституту пожежної та техногенної безпеки,*
***Олексій АНТОШКІН**, канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

Системи пожежної сигналізації (СПС) є однією зі складових системи протипожежного захисту об'єкту [1], яка дозволяю виявити факт виникнення пожежі на початковій стадії та сформувати сигнал оповіщення

про цю подію. Впровадження таких систем дозволяє скоротити час вільного розвитку пожежі, її площу і, відповідно, збитки від неї.

Чутливим елементом СПС є пожежні сповіщувачі. Найбільш розповсюдженими за видом контролюємої зони є точкові прилади. Про що свідчить існування окремих частин в серії стандартів ДСТУ EN 54, які присвячені різним видам саме точкових сповіщувачів. Наприклад [2], яка присвячена димовим точковим сповіщувачам. Але відповідно до [3] існують обмеження на застосування точкових пожежних сповіщувачів, що пов'язані з їх низькою ефективністю при використання в приміщеннях значної висоти. Безумовно допустима висота встановлення теплових точкових сповіщувачів складає 8 метрів, димових – 11 метрів. Але можна навести достатньо прикладів приміщень, висота яких більша за наведені вище значення. Це можуть бути виробничі цехи, культурно-видовищні заклади, спортивні та культові споруди.

Поява таких обмежень, в першу чергу, обумовлена тим, що точкові пожежні сповіщувача відстежують стан повітря саме в місці його встановлення. І цього буває недостатньо для виявлення пожежі в приміщеннях значної висоти, коли дим чи температура частково розсіюються за час проходження шляху від підлоги до стелі.

Альтернативою точковим пожежним сповіщувача відповідно до [3] вважаються лінійні прилади. Вони так само як і точкові можуть бути димовими та тепловими. Але більшою популярністю користуються димові лінійні сповіщувача. Оптико-електронні прилади цієї групи працюють за тим же самим принципом, що і їх точкові аналоги (рис. 1). Блок випромінювання (БВ) формує інфрачервоний промінь, а блок прийому (БП) аналізує той промінь що потрапляє на нього і в залежності від результатів аналізу формує відповідні сигнали. І зоною контролю таких сповіщувачів є лінія між БВ і БП.

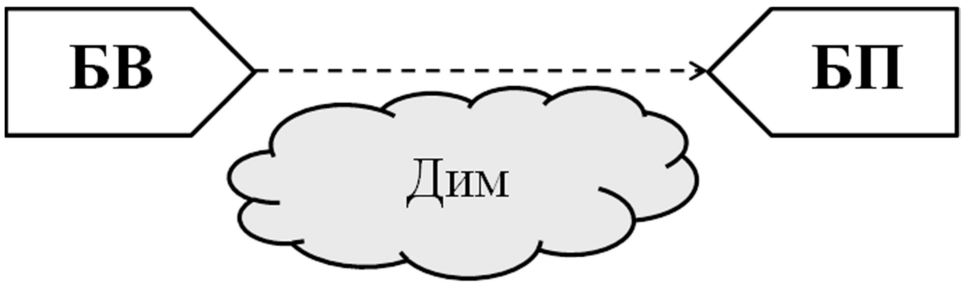


Рисунок 1 – Схема роботи димового оптико-електронного лінійного пожежного сповіщувача: БВ – блок випромінювання, БП – блок прийому

Але є певні особливості. Точкові димові оптико-електронні сповіщувача працюють за принципом відбитого світла. І за малих концентрацій диму на БП потрапляє недостатня для спрацьовування частка інфрачервоного випромінювання. Лінійні же аналоги працюють за принципом накопичення розсіяного світла по всій довжині його

проходження. А це, як правило, десятки метрів. Тому навіть незначні концентрації диму можуть бути зафіксовані такими сповіщувачами. Причому відстані між сусідніми димовими точковими сповіщувачами відповідно до [3] не повинні перевищувати 8,8 метрів, а між БВ і БП лінійного сягають 100 метрів. Тобто для однакових приміщень кількість лінійних сповіщувачів буде в рази менша. А це тягне за собою зменшення довжини дротів в шлейфах, спрощення монтажу та технічного обслуговування.

Окрім високих приміщень, лінійні димові пожежні сповіщувачі можуть бути використані для приміщень де співвідношення довжини до ширини 10:1 і більше (коридори, галереї, кабельні підвали тощо). Ефект переваги досягається за рахунок того, що у точкових сповіщувачів в таких приміщеннях нераціонально використовуються їх технічні можливості по ширині приміщення.

Отже, підбиваючи підсумки, можна стверджувати, що лінійні пожежні сповіщувача є якісною альтернативою точковим за рахунок можливості їх ефективного використання в приміщення з висотою більше 12 метрів, зменшення кількості сповіщувачів в вузьких приміщеннях та, відповідно, оптимізації бюджету на обладнання об’єктів СПС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев’янко О.А., Бондаренко С.М., Христич В.В., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Текст лекцій. Х.: НУЦЗУ, 2008. 149 с. Режим доступу: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/407.
2. ДСТУ EN 54-7:2019. Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Димові пожежні сповіщувачі. Точкові пожежні сповіщувачі, що працюють на принципі розсіювання, пропускання або іонізації світла (EN 54-7:2018, IDT). – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 67 с.
3. Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5–56–2014 [Чинний від 2015-07-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ». 2014. 127 с.

УДК 614.8:355.01

ОСОБЛИВОСТІ РЕАГУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ, СПРИЧИНЕНІ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

***Катерина ТРИПОЛЬСЬКА**, курсантка 3 курсу,*
***Дмитро КРИШТАЛЬ**, канд. наук з державного управління*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний етап розвитку безпекового середовища характеризується суттєвим зростанням кількості та складності надзвичайних ситуацій, спричинених застосуванням новітніх засобів ураження. Масоване використання ракетної зброї, ударних безпілотних літальних апаратів,

касетних боєприпасів, а також комбінованих засобів ураження зумовлює виникнення комплексних надзвичайних ситуацій, що поєднують ознаки воєнних, техногенних та пожежних загроз. У цих умовах на підрозділи цивільного захисту покладаються завдання, які суттєво відрізняються від традиційних сценаріїв реагування.

Особливістю надзвичайних ситуацій, спричинених застосуванням сучасних засобів ураження, є їх багатофакторний характер. Одночасно виникають руйнування будівель і споруд, масштабні пожежі, аварії на об'єктах критичної інфраструктури, загроза повторних уражень, а також значні втрати серед населення. Це суттєво ускладнює процес прийняття управлінських рішень, організацію аварійно-рятувальних робіт та забезпечення безпеки особового складу [1].

Однією з ключових особливостей реагування підрозділів цивільного захисту в умовах воєнних уражень є необхідність роботи в середовищі підвищеного та динамічного ризику. На відміну від класичних техногенних або природних надзвичайних ситуацій, ураження сучасними засобами часто супроводжуються загрозою повторних ударів. Це вимагає перегляду підходів до розвідки обстановки, організації зон безпеки, тривалості перебування особового складу на місці події та застосування індивідуальних і колективних засобів захисту.

Важливим аспектом є також ускладнення структури аварійно-рятувальних робіт. Масові руйнування створюють завали складної конфігурації, що потребує застосування спеціальної інженерної техніки, механізованих засобів розбирання конструкцій, пошукового обладнання, а також координації дій із медичними та правоохоронними службами. За таких умов традиційні алгоритми реагування не завжди забезпечують належну ефективність і потребують адаптації до реальних умов.

Особливу увагу слід приділяти організації управління силами цивільного захисту. Надзвичайні ситуації воєнного характеру часто охоплюють значні території та потребують залучення підрозділів різного підпорядкування. Це обумовлює необхідність чіткої системи координації [2], оперативного обміну інформацією та гнучкого перерозподілу ресурсів. В умовах дефіциту часу та інформації підвищується роль підготовленості керівного складу, здатного приймати рішення в умовах невизначеності.

Важливою особливістю реагування підрозділів цивільного захисту в умовах застосування сучасних засобів ураження є необхідність одночасного виконання декількох груп завдань у стислі терміни. Поряд із проведенням аварійно-рятувальних робіт виникає потреба у локалізації пожеж, запобіганні вторинним техногенним аваріям, організації евакуації населення та забезпеченні життєдіяльності постраждалих. Така багатозадачність значно ускладнює управління силами і засобами та потребує чіткої пріоритетності дій.

Окремою проблемою є обмеженість оперативної інформації на початковому етапі реагування. Руйнування систем зв'язку,

енергопостачання та інфраструктури ускладнюють оцінку обстановки, що підвищує ризик прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності. У зв'язку з цим зростає значення оперативної розвідки, використання безпілотних технічних засобів спостереження, а також налагодження резервних каналів зв'язку між підрозділами.

Суттєвий вплив на характер реагування мають також часові фактори. Надзвичайні ситуації воєнного характеру, як правило, виникають раптово та розвиваються стрімко, що не залишає часу для класичних процедур розгортання сил цивільного захисту. Це потребує високого рівня готовності підрозділів, здатності до автономних дій та застосування спрощених алгоритмів реагування [3], адаптованих до умов бойових уражень.

Важливою складовою ефективного реагування є міжвідомча взаємодія. Ліквідація наслідків застосування сучасних засобів ураження потребує скоординованих дій підрозділів цивільного захисту, органів місцевого самоврядування, медичних служб, правоохоронних органів та військових формувань. Відсутність чітко відпрацьованих механізмів такої взаємодії може призводити до дублювання функцій, нераціонального використання ресурсів та затримок у наданні допомоги постраждалим.

Крім того, реагування на надзвичайні ситуації воєнного характеру потребує урахування гуманітарного чинника [5]. Масові руйнування та значна кількість постраждалих створюють додаткове навантаження на підрозділи цивільного захисту, які, окрім технічних завдань, змушені виконувати функції первинної психологічної підтримки населення, організації тимчасових пунктів допомоги та координації волонтерських ініціатив.

Таким чином, ефективне реагування підрозділів цивільного захисту на надзвичайні ситуації, спричинені застосуванням сучасних засобів ураження, потребує комплексного підходу, що поєднує оперативність, гнучкість управління, міжвідомчу координацію та врахування гуманітарних аспектів. Реалізація зазначених підходів дозволяє підвищити результативність аварійно-рятувальних робіт і зменшити негативні наслідки для населення та територій.

Не менш актуальною є проблема безпеки та охорони праці особового складу. Вплив вибухових хвиль, уламків, токсичних продуктів горіння, нестабільних конструкцій та психоемоційних навантажень суттєво підвищує ризик травмування і професійних захворювань рятувальників. Це зумовлює необхідність удосконалення нормативних вимог з охорони праці, впровадження нових стандартів безпеки та розширення програм психологічної підтримки персоналу.

Окремим напрямом є підготовка підрозділів цивільного захисту до реагування на надзвичайні ситуації, спричинені сучасними засобами ураження. Навчання має орієнтуватися не лише на стандартні пожежно-рятувальні сценарії, а й на комплексні ситуації з урахуванням воєнних

загроз, роботи під ризиком повторних уражень, взаємодії з військовими та медичними структурами [4]. Значну роль відіграють практичні тренування, моделювання реальних умов та використання сучасних інформаційних технологій.

Таким чином, реагування підрозділів цивільного захисту на надзвичайні ситуації, спричинені застосуванням сучасних засобів ураження, має низку специфічних особливостей, що вимагають комплексного підходу. Адаптація системи управління, удосконалення нормативної бази, підвищення рівня підготовки персоналу та забезпечення належних умов безпеки є ключовими чинниками підвищення ефективності цивільного захисту в сучасних умовах. Реалізація цих напрямів дозволить зменшити втрати серед населення і особового складу та забезпечити стійкість системи цивільного захисту в умовах тривалих кризових загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змін.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17 (дата звернення: 04.02.2026).
2. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту : постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 № 11 (зі змін.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-п (дата звернення: 04.02.2026).
3. Про затвердження Порядку реагування на надзвичайні ситуації та ліквідації їх наслідків : постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 № 368 (зі змін.). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-п (дата звернення: 04.02.2026).
4. Рекомендації щодо виконання завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях, що зазнали обстрілів : наказ ДСНС України від 02.04.2024 № 375. URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/0/8/0/8/1/6/rekom.pdf (дата звернення: 04.02.2026).
5. Аветисян В. Г., Грицина І. М., Остапов К. М., Шевченко С. М., Криворучко Є. М. Організація аварійно-рятувальних робіт : курс лекцій. Харків : НУЦЗУ, 2024. 205 с. URL: https://ors.nuczu.edu.ua/images/13.10.11/15.pdf (дата звернення: 04.02.2026).

УДК 351.862:614.8

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ДО ДІЙ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Марія ЧАЛАПЧІЙ**, курсантка 1 курсу,*
***Дмитро КРИШТАЛЬ**, канд. наук з державного управління*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний етап розвитку системи цивільного захисту України характеризується зростанням кількості та складності надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру. В умовах

децентралізації ключова роль у реагуванні на надзвичайні ситуації покладається на територіальні громади, що зумовлює необхідність підвищення рівня професійної підготовки персоналу органів місцевого самоврядування, комунальних служб та об'єктів критичної інфраструктури.

Ефективність дій у надзвичайних ситуаціях значною мірою залежить від рівня сформованості практичних навичок, здатності оперативно приймати управлінські рішення та координувати взаємодію між суб'єктами цивільного захисту. Водночас чинна система підготовки персоналу територіальних громад часто має фрагментарний характер, орієнтована переважно на теоретичне навчання та недостатньо враховує сучасні безпекові виклики.

Нормативно-правову основу підготовки персоналу у сфері цивільного захисту становлять Кодекс цивільного захисту України, підзаконні нормативні акти Кабінету Міністрів України, а також відомчі документи ДСНС України. Разом з тим аналіз практики їх реалізації свідчить про наявність низки проблем, серед яких: недостатня регулярність навчань, обмежене використання сценарного та моделюючого підходів, слабка інтеграція досвіду ліквідації реальних надзвичайних ситуацій у навчальні програми [1].

Особливої актуальності проблема підготовки персоналу набула в умовах воєнного стану, коли територіальні громади стикаються з комбінованими загрозами, зокрема руйнуванням інфраструктури, пожежами, аваріями на об'єктах енергетики, масовими евакуаціями населення. У таких умовах зростає потреба у міждисциплінарній підготовці, яка поєднує знання з цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки, охорони праці, кризового управління та комунікацій.

Удосконалення системи підготовки персоналу територіальних громад доцільно здійснювати за такими напрямами. По-перше, необхідно посилити практичну складову навчання шляхом проведення командно-штабних навчань, тренувань з використанням реальних сценаріїв надзвичайних ситуацій, а також залучення представників екстрених служб до спільних занять. По-друге, важливим є впровадження сучасних інформаційних технологій, зокрема дистанційних платформ навчання, симуляторів та геоінформаційних систем для відпрацювання управлінських рішень [2].

Окремої уваги потребує підготовка керівного складу територіальних громад. Саме керівники відповідають за організацію реагування, розподіл ресурсів та координацію дій між структурними підрозділами. У цьому контексті доцільним є запровадження спеціалізованих програм підвищення кваліфікації з кризового менеджменту, управління ризиками та лідерства в умовах надзвичайних ситуацій.

Важливим аспектом удосконалення системи підготовки персоналу територіальних громад є формування стійкої мотивації до навчання та підвищення професійної компетентності. Практика свідчить, що формальне проходження навчальних заходів без усвідомлення їх прикладного значення не забезпечує належного рівня готовності до дій у надзвичайних ситуаціях. У зв'язку з цим доцільним є впровадження елементів проблемно-орієнтованого навчання, яке ґрунтується на аналізі реальних надзвичайних ситуацій, що мали місце на території конкретної громади [4].

Суттєву роль у підготовці персоналу відіграє міжвідомча взаємодія. Узгодженість дій органів місцевого самоврядування, підрозділів ДСНС, медичних установ, правоохоронних органів та комунальних служб є визначальним чинником ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Тому навчальні заходи повинні передбачати спільне відпрацювання алгоритмів взаємодії, чіткий розподіл функцій і відповідальності, а також використання єдиної системи управління та обміну інформацією.

Окремого значення набуває питання підготовки персоналу до роботи в умовах дефіциту ресурсів, що є характерним для кризових ситуацій воєнного часу. У таких умовах особливої ваги набувають навички пріоритетного планування, раціонального використання матеріальних і людських ресурсів, а також здатність оперативно адаптуватися до змін обстановки. Це зумовлює необхідність включення до програм підготовки тематичних модулів, присвячених управлінню в умовах невизначеності та підвищеного ризику.

Перспективним напрямом удосконалення системи підготовки є застосування дистанційних форм навчання, що дозволяють забезпечити безперервність освітнього процесу [3] незалежно від безпекової ситуації. Використання онлайн-платформ, відеолекцій, інтерактивних кейсів та тестування сприяє розширенню доступу персоналу територіальних громад до навчальних ресурсів і підвищенню гнучкості системи підготовки.

Узагальнюючи викладене, слід зазначити, що ефективна система підготовки персоналу територіальних громад до дій у надзвичайних ситуаціях повинна мати комплексний характер, поєднувати нормативно визначені вимоги, практичну спрямованість навчання та використання сучасних освітніх технологій. Реалізація таких підходів сприятиме формуванню належного рівня готовності персоналу до виконання завдань цивільного захисту та підвищенню стійкості територіальних громад до надзвичайних ситуацій різного характеру.

Важливим елементом удосконалення підготовки персоналу є систематичне узагальнення та аналіз досвіду ліквідації надзвичайних ситуацій. Використання результатів післяаварійного аналізу дозволяє виявляти типові помилки, коригувати навчальні програми та підвищувати рівень готовності персоналу до дій у реальних умовах. Доцільним також є

розвиток міжрегіонального та міжнародного співробітництва з метою обміну кращими практиками у сфері цивільного захисту.

Таким чином, удосконалення системи підготовки персоналу територіальних громад до дій в умовах надзвичайних ситуацій є одним із ключових чинників підвищення ефективності функціонування системи цивільного захисту в цілому. Реалізація комплексного підходу до навчання з урахуванням сучасних викликів сприятиме зниженню ризиків для населення та забезпеченню стійкості громад у кризових ситуаціях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змінами). – База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17 (дата звернення: 03.02.2026).
2. Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту : постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 № 11 (зі змінами). – База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-п (дата звернення: 03.02.2026).
3. Про затвердження Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях : постанова Кабінету Міністрів України від 26.06.2013 № 444 (зі змінами). – База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/444-2013-п (дата звернення: 03.02.2026).
4. Про затвердження Організаційно-методичних вказівок з підготовки населення до дій у надзвичайних ситуаціях на 2024–2025 роки : Наказ ДСНС України від 03.01.2024 № 8 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/v0008388-24 (дата звернення: 03.02.2026).

УДК 614.84:697.9

СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ВОДОПРОВОДУ: ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ

***Олександр СІПКО**, старший викладач кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України
***Богдан ТИЩЕНКО**, курсант 2-го курсу*
Національний університет цивільного захисту України

Системи внутрішнього протипожежного водопроводу (ВПВ) є одним із базових елементів інженерного забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд. Їх функціонування безпосередньо впливає на можливість локалізації пожежі на початковій стадії та створення умов для ефективних дій пожежно-рятувальних підрозділів. В умовах зростання поверховості будівель, ускладнення планувальних рішень і збільшення пожежного навантаження значення надійності систем ВПВ суттєво зростає [1].

Чинна нормативна база України встановлює загальні вимоги до проєктування та експлуатації систем внутрішнього протипожежного водопроводу, проте на практиці спостерігається низка проблем, пов'язаних із формальним виконанням нормативних вимог. Часто працездатність систем оцінюється лише за наявністю обладнання, без перевірки фактичних гідравлічних параметрів та готовності системи до використання в реальних умовах пожежі [2].

Серед основних експлуатаційних проблем систем ВПВ слід виокремити фізичний знос трубопроводів, запірної арматури та пожежних кранів, що призводить до витоків води, зниження тиску та відмови системи у критичний момент. Нерегулярне проведення технічного обслуговування і випробувань, а також відсутність відповідального контролю з боку балансоутримувачів будівель суттєво знижують рівень пожежної безпеки об'єктів [3].

Додатковим чинником ризику є перебої в електропостачанні та водопостачанні, що особливо актуально в умовах надзвичайних ситуацій і воєнного стану. Ураження об'єктів критичної інфраструктури, пошкодження зовнішніх інженерних мереж та насосного обладнання можуть призвести до повної втрати працездатності систем внутрішнього протипожежного водопроводу. У таких умовах відсутність резервних джерел живлення та альтернативних схем водопостачання значно ускладнює гасіння пожеж [4].

Воєнні дії також супроводжуються підвищенням пожежних ризиків, зумовлених руйнуванням будівель, утворенням завалів і ускладненням доступу до пожежних кранів. Це потребує переосмислення підходів до проєктування систем ВПВ із урахуванням можливості автономної роботи, резервування насосів, застосування локальних запасів води та інтеграції з іншими системами протипожежного захисту. Перспективи розвитку систем внутрішнього протипожежного водопроводу пов'язані з впровадженням сучасних технічних і організаційних рішень. Доцільним є використання автоматизованих систем моніторингу тиску та витрати води, що дозволяє оперативно виявляти несправності та забезпечувати постійну готовність системи до роботи. Важливим напрямом є також удосконалення нормативної бази з урахуванням сучасних загроз та практичного досвіду експлуатації систем ВПВ в умовах надзвичайних ситуацій [5].

Комплексний підхід до проєктування, експлуатації та контролю систем внутрішнього протипожежного водопроводу дозволить підвищити їх надійність і забезпечити належний рівень пожежної безпеки будівель у сучасних умовах.

ВИСНОВКИ:

1. Системи внутрішнього протипожежного водопроводу відіграють ключову роль у забезпеченні пожежної безпеки будівель.

2. Основними проблемами залишаються зношеність, недостатній контроль технічного стану та формальний підхід до експлуатації.

3. Воєнні та техногенні загрози суттєво підвищують ризики відмови систем ВПВ.

4. Перспективи розвитку систем пов’язані з автоматизацією, резервуванням та актуалізацією нормативних вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація будівель (чинна редакція). – К.: Мінрегіон, 2021.
2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіон, 2020.
3. Ковальов А.О., Шевченко М.В. Сучасні проблеми експлуатації систем протипожежного водопостачання // Пожежна безпека. – 2021. – №39. – С. 23-31.
4. Петренко І.О. Забезпечення пожежної безпеки будівель в умовах воєнного стану // Цивільний захист та техногенна безпека. – 2022. – №2. – С. 41-48.
5. Бабенко В.В., Мельник О.П. Напрями вдосконалення систем внутрішнього протипожежного водопроводу // Науковий вісник НУЦЗУ. – 2023. – №1. – С. 55-62.

УДК 614.8

ОСНОВНІ ЗАСАДИ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ) У СФЕРІ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: ПОЖЕЖНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

***Віталій СЕРБИН**, старший викладач кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Державний нагляд у сфері пожежної та техногенної безпеки є складовою національної безпеки. Він базується на принципах, що визначають взаємодію між органами ДСНС та суб'єктами господарювання, забезпечуючи захист життя людей та майна.

В умовах правового режиму воєнного стану та активної євроінтеграції України, реформування системи державного нагляду (контролю) набуває особливої ваги. Забезпечення пожежної та техногенної безпеки є критичним фактором захисту населення та мінімізації економічних збитків суб’єктів господарювання.

Згідно із законодавством, основними засадами державного нагляду (контролю) є:

Пріоритетність безпеки: Захист життя та здоров'я людей має перевагу над будь-якими іншими цілями (економічними чи політичними).

Ризик-орієнтований підхід: Періодичність контролю залежить від ступеня ризику об'єкта. Критерії розподілу затверджуються Кабінетом Міністрів України, що дозволяє ДСНС фокусуватися на найнебезпечніших об'єктах.

Рівність прав та законність: Органи нагляду діють виключно у межах повноважень. Будь-які неточності в законодавстві тлумачаться на користь суб’єкта господарювання (принцип презумпції правомірності).

Відкритість та прозорість: Вся інформація про перевірки, плани та результати вноситься до Інтегрованої автоматизованої системи державного нагляду, що робить процес контролю публічним.

Плановість та системність: Проведення заходів державного нагляду можливе лише за умови включення об'єкта до щорічного плану, який оприлюднюється до початку року (наразі діє мораторій згідно з Постановою КМУ № 303).

Державний нагляд у сфері пожежної та техногенної безпеки має трансформуватися в сервісно-орієнтовану модель. Пріоритетом залишається не накладення штрафних санкцій, а реальне усунення порушень, що можуть призвести до надзвичайних ситуацій.

Збройна агресія РФ спричинила нові виклики для пожежної та техногенної безпеки України. Водночас держава запровадила суттєві обмеження на проведення перевірок для підтримки стабільності бізнесу, що потребує пошуку балансу між дерегуляцією та безпекою цивільного захисту.

Введення в дію правового режиму воєнного стану в Україні спричинило трансформацію механізмів державного регулювання. Питання пожежної та техногенної безпеки набули особливої гостроти через постійні ризики руйнувань промислових та цивільних об'єктів. Водночас виникла необхідність балансу між жорстким контролем та дерегуляцією бізнесу для підтримки економіки.

Актуальність теми зумовлена прийняттям Постанови Кабінету Міністрів України від 13 березня 2022 р. № 303, яка запровадила мораторій на планові перевірки. Це вимагає пошуку нових інструментів забезпечення безпеки, зокрема через превентивну роботу ДСНС та використання цифрових сервісів.

Наразі державний нагляд здійснюється переважно шляхом позапланових заходів. Підставою для них є доручення Прем'єр-міністра, заява суб'єкта господарювання або наявність загрози життю та здоров'ю людей.

Основним акцентом у роботі органів ДСНС став консультативний супровід. Суб’єкти господарювання можуть ініціювати добровільний аудит пожежної безпеки, що дозволяє виявити порушення без накладення штрафних санкцій.

Розвиток механізму добровільного страхування цивільної відповідальності стає дієвим інструментом, що дозволяє суб’єктам господарювання підтверджувати належний рівень безпеки без прямого втручання уповноважених посадових осіб ДСНС.

Впровадження електронного кабінету суб'єкта господарювання та автоматизація звітності дозволяють зменшити корупційні ризики та оптимізувати роботу офіцерів-рятувальників громади.

Державний нагляд у воєнний час трансформувався з регулярного моніторингу у точковий механізм реагування на критичні загрози. Пріоритетом стає не формальна відповідність нормам, а реальна стійкість об’єктів господарювання до наслідків бойових дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України. Вид. офіц.
2. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності». Вид. офіц.
3. Постанова КМУ від 13 березня 2022 р. № 303 «Про припинення заходів державного нагляду (контролю) і державного ринкового нагляду в умовах воєнного стану». Вид. офіц.

УДК 614.8

СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ’ЄКТІВ

Олена ПЕТУХОВА, *канд. техн. наук, доц.,*
Катерина ТРИПОЛЬСЬКА, *здобувачка вищої освіти інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

До складу системи протипожежного захисту об’єктів входить внутрішній протипожежний водопровід (ВПВ). Статистичні дані мирних часів показують, що найчастіше та найефективніше ВПВ для гасіння пожежі може використовуватись у будівлях підвищеної поверховості та висотних будівлях. Але в умовах воєнного сьогодення ситуація змінюється і дуже часто наявність та працездатність ВПВ у будь-якій будівлі може забезпечити і успішне гасіння пожежі і можливо рятування та евакуацію людей, а також забезпечити відповідний рівень протипожежного захисту об’єкта.

Одним з головних елементів ВПВ є пожежні кран-комплекти (ПКК) [1], які встановлюються всередині будівель, можуть безпосередньо використовуватись при гасінні пожежі, забезпечують подачу кількості води не менш, ніж вимагається нормативними документами та розташовуються так, щоб кожна точка приміщення захищалась нормативною кількістю струменів. ПКК кожного року перевіряються на

працездатність пуском води, а система ВПВ при прийнятті до експлуатації перевіряється на водовіддачу. Тобто якісна перевірка працездатності ПКК та визначення дійсної кількості води, що забезпечує внутрішня мережі, є одним зі способів підвищення рівня протипожежного захисту об'єктів.

При проведенні випробувань на водовіддачу важливим є визначення місця та часу так, щоб одержані витрати відповідали найгіршим умовам експлуатації [2, 3]. Тоді в будь-яких інших обставинах мережа зможе забезпечити подачу кількості води не менш, ніж було встановлено при випробуваннях, та відповідно пожежа буде успішно ліквідована.

Практика проведення щорічних перевірок або проведення випробувань мережі на водовіддачу передбачає використання спеціальних приладів, які найчастіше вимірюють тиск. При правильній організації випробувань виміряний тиск перераховується у витрати води, які є водовіддачею мережі. Приладами для випробувань внутрішніх мереж можуть бути ствол-водомір, трубка Піто, пристрій "СВ", конструкція яких передбачає наявність манометра, встановленого на корпусі приладу.

Для обґрунтування того, що при використанні перелічених приладів, показання манометра, які перераховуються у витрати води, дійсно відповідають водовіддачі мережі, запишемо рівняння Д. Бернуллі для ділянки ствола-водоміра (або пристрою "СВ" з приєднаним до нього стволом), яка розташована між точкою встановлення манометра (переріз I-I) та точкою витікання води зі ствола (переріз II-II) та (рис. 1):

$$\frac{P_I}{\rho g} + \frac{v_I^2}{2g} = \frac{P_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g}, \qquad (1)$$

де $\frac{P_I}{\rho g}, \frac{P_{II}}{\rho g}$ – питома потенційна енергія у відповідних перерізах;

$\frac{v_I^2}{2g}, \frac{v_{II}^2}{2g}$ – питома кінетична енергія у відповідних перерізах;

при цьому втратами тиску на ділянці I-II нехтуємо через їх незначну величину.

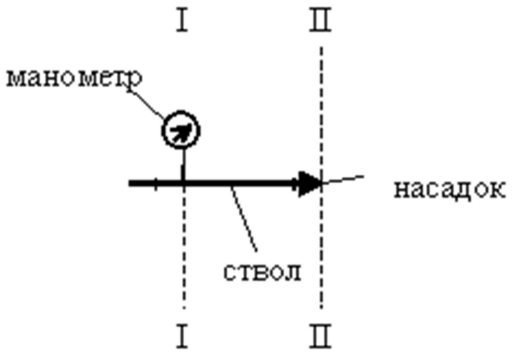


Рисунок 1 – Розрахункова схема ствола-водоміра

Манометр фіксує потенційну енергію в перерізі I-I, тому в формулі (1) це значення можна позначити $H_м$. В перерізі II-II потенційна енергія повністю перетворюється у кінетичну, тому значення $\frac{P_{II}}{\rho g}$ буде дорівнювати 0. Так само і швидкісний тиск у перерізі I-I можна прийняти за 0 через його незначну величину. Тоді формулу (1) можна записати наступним чином:

$$H_м = \frac{v_{II}^2}{2g}. \quad (2)$$

Тобто показання манометру відповідають швидкісному тиску на виході води зі ствола. Використовуючи рівняння нерозривності потоку можна одержати зв'язок між показаннями манометру та витратами води.

Принциповим в цьому дослідженні є те, що при використанні ствола-водоміра, трубки Піто та пристрою "СВ" вимірювання виконуються само зливом води зі ствола. Але на практиці дуже часто при проведенні випробувань на водовіддачу ВПВ використовують прилад, який нагадує пристрій "СВ", але відрізняється від нього тим, що з одного боку корпусу встановлюється заглушка, тобто злив води не відбувається, а тому попереднє аналітичне дослідження не може бути використано для визначення витрати води. До того ж і щорічна перевірка працездатності ПКК повинна виконуватись пуском води, чого не здійснюється. Таким чином, визначені за допомогою приладу з заглушкою витрати води не є водовіддачею водопровідної мережі і при гасінні пожежі не доцільно спиратись на їх значення.

Таким чином, при проведенні випробувань ВПВ на водовіддачу необхідно використовувати аналітичний апарат, який відповідає обладнанню, що забезпечить якісне проведення перевірки працездатності ПКК та визначення фактичної водовіддачі ВПВ, що є одним зі способів покращення рівня протипожежного захисту об'єкта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Протипожежне водопостачання : Підручник / О.А. Петухова, В.А. Андронов, С.А. Горносталь, Р.Е. Черепаха. - Х.: Друкарня Мадрид, 2022 . – 280 с.
2. Пат. 155407 України, МПК (2006.01) A62C 32/20. Спосіб визначення забезпеченості об'єкта необхідною кількістю води на потреби пожежогасіння від зовнішнього водопроводу / винахідники: Петухова О.А.; Рибка Є.О. і др.; власник НУЦЗ України. – № u202301771; заяв. 17.04.2023; опуб. 28.02.2024, бюл. № 9. http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19905
3. Петухова О.А. Особливості перевірки протипожежного водопроводу // Захист населення, територій та об'єктів критичної інфраструктури - освіта, наука, практика: матеріали II Міжнародної науково-методичної конференції, 22-23 травня 2025 р. Київ: Державний університет «Київський авіаційний інститут», 2025. С. 34. http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/26057

УДК 614.841

АНАЛІЗ ТИПОВИХ ПОМИЛОК ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ КЛАПАНІВ ДИМОВИДАЛЕННЯ У ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ

***Ірина МЕЛЬНИК**, викладач кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки,*
***Катерина САРАХАН**, курсантка навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення пожежної безпеки житлових і громадських будівель є одним із ключових завдань системи цивільного захисту, оскільки пожежі супроводжуються значними матеріальними збитками та загрозою для життя людей. Одним із найбільш небезпечних факторів пожежі є дим і токсичні продукти горіння, вплив яких у більшості випадків стає причиною загибелі людей. Саме тому системи протидимного захисту будівель, зокрема клапани димовидалення, відіграють вирішальну роль у забезпеченні безпечної евакуації та створенні умов для роботи пожежно-рятувальних підрозділів.

Відповідно до вимог [1] та [2], системи димовидалення повинні забезпечувати видалення диму з приміщень і шляхів евакуації, а також обмежувати поширення небезпечних факторів пожежі. Клапани димовидалення є функціональними елементами таких систем і призначені для автоматичного або дистанційного відкривання каналів димовидалення у разі виникнення пожежі.

Аналіз практики проєктування показує, що однією з найпоширеніших помилок є неправильний вибір типу клапанів без урахування призначення будівлі, її поверховості та класу вогнестійкості будівельних конструкцій. Часто проєктні рішення не враховують вимоги щодо межі вогнестійкості клапанів та їх відповідності параметрам димових каналів. Крім того, зустрічаються випадки відсутності коректної взаємодії клапанів димовидалення з автоматичною пожежною сигналізацією та системами керування інженерним обладнанням, що суперечить вимогам нормативних документів [1, 3].

Суттєвим недоліком є формальний підхід до аеродинамічних розрахунків систем димовидалення. У багатьох проєктах не забезпечується необхідна витрата повітря для ефективного видалення диму, що призводить до задимлення шляхів евакуації вже на початкових стадіях пожежі. Такі помилки значно знижують рівень пожежної безпеки будівель і унеможливлюють реалізацію розрахункових сценаріїв евакуації.

На етапі експлуатації систем димовидалення також фіксується значна кількість порушень. Найбільш поширеними з них є відсутність регулярного технічного обслуговування клапанів, несправність приводів відкривання, блокування клапанів сторонніми елементами та відключення автоматичного режиму керування. У ряді випадків клапани димовидалення перебувають у несправному стані протягом тривалого часу, що виявляється лише під час пожежі або перевірок органів державного нагляду.

Особливої актуальності зазначені проблеми набувають у житлових будівлях з масовим перебуванням людей, де від ефективності роботи систем димовидалення залежить час та безпечність евакуації. За даними наукових досліджень [5, 6], несправність або неефективна робота клапанів димовидалення може призвести до різкого зменшення видимості на шляхах евакуації та підвищення концентрації токсичних газів до небезпечних рівнів.

Таким чином, аналіз типових помилок проєктування та експлуатації клапанів димовидалення свідчить про необхідність впровадження комплексного підходу до забезпечення протидимного захисту будівель. Такий підхід повинен включати дотримання вимог нормативних документів на етапі проєктування, якісний монтаж, регулярне технічне обслуговування та контроль працездатності систем димовидалення. Реалізація зазначених заходів є важливою складовою пожежної профілактики та сприяє зниженню пожежних ризиків у житлових і громадських будівлях.

В умовах правового режиму воєнного стану пожежні ризики в будівлях суттєво зростають через ймовірність ураження об’єктів засобами ураження, виникнення вторинних пожеж, перебої в енергопостачанні та обмеження оперативного доступу підрозділів ДСНС до осередків загоряння. Додатковими чинниками є пошкодження інженерних мереж і вентиляційних каналів, порушення герметичності шахт та міжповерхових перекриттів, що може змінювати аеродинаміку руху диму й ускладнювати прогнозування зон задимлення.

За таких обставин надійність роботи клапанів димовидалення набуває критичного значення: вони мають забезпечувати гарантоване спрацювання навіть за короткочасних відключень електроживлення або часткового пошкодження систем керування. Підвищенню стійкості протидимного захисту сприятиме резервування живлення й ліній управління, регламентований контроль працездатності у скорочених циклах та фіксація результатів технічного обслуговування у виконавчій документації, що узгоджується із загальними вимогами до забезпечення пожежної безпеки об’єктів будівництва [2, 4].

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Київ: Мінрегіон України, 2019. 97 с.
2. ДСТУ EN 12101-13:2022. Системи управління димом і теплом. Частина 13. Системи перепаду тиску (PDS). Методи проєктування та розрахунку, встановлення, приймальні випробування, планові випробування та технічне обслуговування (EN 12101-13:2022, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
3. ДСТУ EN 54-13:2022. Системи пожежної сигналізації та оповіщування. Частина 13. Оцінювання сумісності компонентів системи (EN 54-13:2017+A1:2019, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
4. Про затвердження Правил підтримання експлуатаційної придатності (обслуговування) систем протипожежного захисту будинків, будівель, споруд та їх частин: Наказ МВС України від 28.02.2025 № 136.
5. Milke J., Ayoub R. Reliability of Fire Dampers, Smoke Dampers and Smoke Control Systems. – Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland. July 21, 2021.
6. CIBSE Journal. Module 248: Application of fire dampers, smoke control dampers and NSHEVs for safer buildings. May 2025.

УДК 614.841

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В СИСТЕМІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Володимир ТРИГУБ*, канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

Освіта та навчання розвиваються прискореними темпами разом зі зростанням рівня інтеграції з інформаційно-комунікаційними технологіями (ІКТ). Зростання в цій галузі лише продовжуватиметься. Освіта та навчання, інтегровані з ІКТ-системами, розвиваються двома способами: один полягає у використанні віртуальної цифрової інформації без використання пристроїв, а інший – у використанні як віртуальної цифрової інформації, так і сенсорних пристроїв. Обидва типи освіти та навчання розширюватимуться на основі розвитку ІКТ, включаючи віртуальну реальність (VR) та доповнену реальність (AR). Зауважте, що змішана реальність (MR) – це поєднання реальної та віртуальної реальності, і тому передбачається, що вона включена в континуум VR та AR.

Віртуальні системи освіти та навчання є типовими застосуваннями для системної інтеграції. Вони базуються на технологіях віртуальної та доповненої реальності (VR) з використанням датчиків. Хоча сфери освіти та навчання різноманітні, віртуальні системи освіти та навчання можуть мати унікальне інформаційне моделювання, а також спільні функціональні можливості. Спільні технології навчання для віртуальних систем освіти та

навчання можна визначити шляхом категоризації варіантів використання для освіти та навчання на основі VR та AR.

Освіта та навчання інтегровані з цифровими інформаційними системами, і розвиток інформаційних систем освіти та навчання зростає. Вважається, що використовуються методи, що залежать від застосування, оскільки галузі освіти є величезними, і моделювання освіти та навчання за допомогою уніфікованої процедури може бути неможливим. Однак, з точки зору інтеграції ІКТ та інформаційного моделювання, віртуальні системи освіти та навчання можуть бути розроблені на основі систематичного підходу до проектування зі стандартами. Пропонується систематичний підхід до проектування на основі стандартів, який може бути використаний як керівництво для розробки віртуальних систем освіти та навчання в різних галузях.

В умовах сучасності, зокрема з огляду на військову агресію Росії та пандемію COVID-19, помітною тенденцією є активне використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчальному процесі, серед яких значну увагу займають технології віртуальної реальності. Українські науковці НАПН України приділяють пильну увагу впровадженню VR у систему освіти, висвітлюючи як вітчизняний, так і зарубіжний досвід застосування таких технологій та платформ у дистанційному навчанні. У своїх працях вони підкреслюють, що VR є потужним інструментом для ефективного організування освітнього процесу і володіє значним потенціалом для вирішення навчальних завдань. Перспективним напрямом подальших досліджень вони вважають масштабне впровадження VR у освітні заклади та розробку методичних і дидактичних матеріалів для їх оптимального використання.

Науковці та практики освіти звертають увагу на перспективний напрям – створення віртуальних лабораторій. Такі програмні середовища дозволяють підвищити якість подання навчального матеріалу, роблячи його більш наочним, інтерактивним і доступним. Віртуальне навчальне середовище дає змогу моделювати поведінку об’єктів реального світу та сприяє формуванню знань і практичних навичок на більш глибокому рівні. Питання розробки віртуальних лабораторій активно обговорюється і в зарубіжній науковій літературі.

Дослідження феномену VR проводили М. Крюгер [1], І. Сазерленд, С. Фішер [2] та інші, вони зосереджували увагу на технічних засобах, що створюють достовірну ілюзію реальності. Популяризація терміну «віртуальна реальність» пов’язана з ім’ям Джарона Ланьєра [3], який працював над розробкою та впровадженням технологій майбутнього. У зарубіжній філософській літературі VR досліджували Ф. Жай, Е. Рейд, Г. Рейнгольд [4], Дж. Сулер, М. Хейм та інші.

В Україні питання застосування інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема VR у дистанційній освіті, розглядали В. Ю. Белан, В. Ю. Биков [5], Д. В. Борисенко, О. Ю. Буров, Т. В. Волошина,

В. В. Коваленко, С. Г. Литвинова, П. П. Нечипуренко, О. П. Пінчук [6], С. О. Сисоєва, Л. І. Тимчук та ін. Крім того, значну увагу приділяли дослідженню VR і розробці віртуальних лабораторій у середній та вищій освіті такі науковці, як Н. Б. Грицай, Є. Козловський, Г. Кравцов, О. В. Паніхідіна, Ю. В. Хворостіна, А. О. Юрченко та інші.

Віртуальна реальність (VR). Термін «віртуальна реальність» вперше запропонував Джарон Ланьєр наприкінці 1980-х – на початку 1990-х років. Незабаром Том Престон Коделл з Boeing ввів поняття «доповнена реальність» (AR), яке також має теоретичне та практичне підґрунтя. Обидва терміни сьогодні широко використовуються в освіті та інших сферах діяльності.

Віртуальна реальність (англ. Virtual Reality, VR) – це створена комп'ютером ілюзорна реальність, яка занурює користувача у візуальний та звуковий світ, що реагує на його дії за допомогою сенсорних пристроїв, таких як шоломи чи рукавички [7]. VR-моделі дозволяють відтворювати тривимірне середовище та реалістично відображати рухи об'єктів.

Таким чином, було здійснено комплексний аналіз сучасного стану проблеми пожеж та надзвичайних ситуацій, що виникають як у мирний час, так і в умовах воєнних дій. Масштабні пожежі, техногенні катастрофи і наслідки ракетних ударів по об'єктах цивільної інфраструктури наочно демонструють зростання рівня небезпеки, складності та непередбачуваності умов, у яких змушений діяти пожежно-рятувальні підрозділи. Це, у свою чергу, висуває підвищені вимоги до рівня їх професійної підготовки, психологічної стійкості, швидкості прийняття рішень та злагодженості дій у команді. Аналізуючи статистику пожеж і надзвичайних подій можна зробити висновок, що значна частина трагедій супроводжується складними умовами гасіння: обмеженою видимістю, високими температурами, наявністю токсичних продуктів горіння, завалів та ризиком повторних руйнувань. У реальних умовах відпрацювання таких сценаріїв є вкрай небезпечним, ресурсозатратним і не завжди можливим, що суттєво обмежує потенціал традиційних методів навчання. Відповідно застосування технологій віртуальної реальності є доцільним і перспективним напрямом підвищення ефективності навчання, безпеки та якості підготовки пожежно-рятувального персоналу в сучасних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Living in The Matrix: virtual reality systems and hyperspatial representation in architecture. *Queen's University Belfast*. URL: https://pure.qub.ac.uk/en/publications/living-in-the-matrix-virtual-reality-systems-and-hyperspatial-rep/
2. VirtualDesk: A comfortable and Efficient immersive information visualization Approach URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cgf.13430
3. Jaron Lanier. Dawn of the new everything: encounters with reality and virtual reality. New York, N.Y.: Picador/Henry Holt and Company, 2018. ISBN 978-1-250-09740-8.

4. The First Person - Volume 6, Issue 1, 2019. *Philosophy Documentation Center : Home*. URL: https://www.pdcnet.org/symposion/content/symposion_2019_0006_0001_0023_0038.
5. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти. Київ : Атіка, 2009. 684 с. https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/845/1/Bykov_Models.pdf
6. Пінчук О. П. Дидактичний потенціал мультимедійних технологій у загальноосвітній школі. Наук. зап. (Серія: педагогічні та історичні науки) : [зб. наук. статей]. Вип. 66 / М-во освіти і науки України ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2007. С. 178–184.
7. Використання віртуальної реальності в освіті. *Репозиторій ОНТУ: Головна*. URL: https://card-file.ontu.edu.ua/items/def17ab1-e9dd-4ec6-a10c-8849ef2cc313.

УДК 614.841

СТРАТЕГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПЛАНУВАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

***Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК**, курсанти НУЦЗ України,*
***Роман МОТРІЧУК**, PhD, викладач кафедри ПіТБ ОтаТ, НУЦЗ України*
Національний університет цивільного захисту України

Вступ та актуальність. Трансформація безпекового середовища в Україні, зумовлена активними бойовими діями, ставить перед науковою спільнотою завдання щодо адаптації класичних методів оцінки ризиків. Промислові об’єкти, що використовують у технологічних циклах пожежовибухонебезпечні речовини, стають пріоритетними цілями для засобів ураження противника. У цьому контексті поєднання теорії пожежної безпеки технологічних процесів (ПБТП) та методичних рекомендацій з планування цивільного захисту (Наказ ДСНС № 302) стає фундаментом для забезпечення життєстійкості держави.

Аналіз ризиків розгерметизації. Відповідно до положень посібника «Пожежна безпека технологічних процесів», безпека будь-якого апарата визначається його здатністю утримувати горюче середовище в замкненому просторі. В умовах воєнного стану розгерметизація може бути «миттєвою» (внаслідок прямого влучання) або «прогресуючою» (внаслідок деформації опорних конструкцій та розвитку тріщин).

Для оцінки рівня небезпеки розрахуємо час виходу ЛЗР через отвір, утворений внаслідок уламкового пошкодження резервуара. Маса речовини М, що витече за час τ, визначається за формулою:

$$\mathrm{M} = \mu \cdot f \cdot \sqrt{2gH} \cdot \rho \cdot \tau$$

де μ – коефіцієнт витрати; f – площа отвору (що в умовах обстрілу може варіюватися від одиниць до сотень см²); H – висота стовпа рідини; ρ – густина рідини. При пошкодженні резервуара об’ємом 5000 м³, навіть при

f = 100 см², за 10 хвилин витікає обсяг продукту, здатний утворити дзеркало розливу площею понад 500 м². Це створює умови для формування «вогневого шторму», який практично неможливо ліквідувати стандартними силами одного караулу ДСНС.

Організаційно-технічні заходи за Наказом № 302. Методичні рекомендації, затверджені Наказом ДСНС № 302 від 19.03.2024, вимагають від суб'єктів господарювання розроблення планів цивільного захисту на особливий період, які враховують сценарій «найгіршого випадку».

Для технологічних об'єктів це передбачає:

1. **Інженерний захист:** Створення систем аварійного зливу, що працюють за принципом гравітації (без використання електронасосів, які можуть бути знеструмлені).
2. **Сегментація:** Розподіл складських та виробничих потужностей на зони з автономними системами відсікання потоків.
3. **Режими функціонування:** Переведення процесів у «безпечний стан» при оголошенні сигналу «Повітряна тривога» (зниження тиску в апаратах, припинення перекачування ЛЗР).

Особливості дій підрозділів ДСНС. Посібник «Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану» акцентує увагу на тому, що гасіння пожеж на технологічних установках під час бойових дій суттєво відрізняється від регламентів мирного часу. Головними ускладнюючими факторами є:

- **Загроза повторних ударів:** Організація спостереження (пости ППО та візуального моніторингу) є обов'язковою складовою розгортання сил.
- **Руйнування джерел водопостачання:** Необхідність використання мобільних насосних станцій та прокладання магістральних ліній на великі відстані.
- **Наявність ПНЗ (предметів, що не вибухнули):** Перед початком розгортання сил і засобів необхідна швидка перевірка території саперними підрозділами або використання захищеної техніки.

Розрахунок теплового випромінювання та безпечних відстаней. Для забезпечення безпеки особового складу необхідно розраховувати інтенсивність теплового випромінювання q від полум'я. При пожежі розливу ЛЗР на площі S, величина q на відстані r не повинна перевищувати критичних значень для бойового одягу 4.0 кВт/м². В умовах воєнних руйнувань, коли стаціонарні екрани можуть бути пошкоджені, захист особового складу забезпечується шляхом постановки водяних завіс та використання броньованих щитів.

Удосконалення системи моніторингу. Враховуючи досвід ліквідації наслідків атак на критичну інфраструктуру, пропонується інтеграція датчиків довибухових концентрацій з автоматизованими системами оповіщення цивільного захисту. Це дозволить автоматично ініціювати алгоритми захисту ще до моменту прибуття перших підрозділів ДСНС.

Висновок. Забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів в умовах воєнного стану не може обмежуватися лише дотриманням ДБН чи НАПБ. Це комплексний процес, що включає математичне моделювання ймовірних руйнувань, модернізацію інженерних систем аварійного зливу згідно з Наказом № 302 та специфічну підготовку особового складу до роботи в умовах постійної загрози. Тільки такий підхід забезпечить мінімізацію ризиків для промислового потенціалу України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення планів цивільного захисту на особливий період суб'єктами господарювання: Наказ ДСНС України від 19.03.2024 № 302.
2. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. / В. В. Олійник, В. О. Липовий, К. А. Афанасенко, Я. Ю. Кальченко. Харків: НУЦЗУ, 2023. 177 с.
3. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: навч. посіб. / за заг. ред. М. Коваля. Львів: ЛДУБЖ, 2023. 305 с.
4. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI (редакція від 01.01.2024).
5. ДСТУ 2272-2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
6. Порядок розроблення планів діяльності єдиної державної системи цивільного захисту: Постанова КМУ від 09.08.2017 № 626.
7. Аналіз техногенної безпеки об’єктів критичної інфраструктури: звіт ДСНС України за 2024 рік.

УДК 614.87

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ ТА ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

***Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК**, курсанти НУЦЗ України,*
***Роман МОТРІЧУК**, PhD, викладач кафедри ПіТБ ОтаТ, НУЦЗ України*
Національний університет цивільного захисту України

Вступ. Забезпечення безпеки персоналу на підприємствах, що продовжують виробничу діяльність в умовах збройної агресії, є пріоритетним завданням цивільного захисту. Згідно з Кодексом цивільного захисту України та новими Методичними рекомендаціями (Наказ ДСНС № 302 від 19.03.2024), планування евакуації та укриття працівників має враховувати не лише техногенні ризики самого виробництва, а й зовнішні загрози, пов’язані з веденням бойових дій.

Наукове обґрунтування часу евакуації. Ключовим параметром безпеки є розрахунковий час евакуації $t_{\text{р}}$, який в умовах воєнного стану повинен корелювати з часом підльоту засобів ураження. У класичній теорії

пожежної безпеки (згідно з посібником «ПБТП») безпечна евакуація вважається забезпеченою, якщо:

$$t_p + t_{\text{необ}} \leq t_{\text{бл}},$$

де $t_{\text{необ}}$ – інтервал часу від виникнення небезпечного фактора до початку евакуації; $t_{\text{бл}}$ – час блокування шляхів евакуації. Проте в умовах ракетної небезпеки час $t_{\text{бл}}$ фактично дорівнює нулю в момент влучання. Тому стратегія «цивільного захисту на особливий період» базується на випереджувальній евакуації до захисних споруд при отриманні сигналу тривоги.

Вимоги Наказу № 302 до планування укриття. Методичні рекомендації № 302 чітко визначають, що план цивільного захисту на особливий період має містити розділ «Інженерний захист». Основними вимогами до нього є:

1. **Розрахунок місткості захисних споруд:** Враховується найбільша працююча зміна (НПЗ) підприємства. Для об'єктів, що мають критичне значення для економіки, укриття мають забезпечувати захист від фугасної та осколкової дії, а також (за потреби) від хімічного зараження.
2. **Маршрутизація:** Час руху від найвіддаленішого робочого місця до укриття не повинен перевищувати 3–5 хвилин. В умовах складних технологічних процесів, де зупинка обладнання вимагає часу, план має передбачати черговість евакуації: спочатку основний персонал, потім – оператори, що забезпечують безаварійну зупинку.

Особливості евакуації при розгерметизації техпроцесів. У разі пошкодження апаратів з токсичними речовинами (аміак, хлор) або ЛЗР, евакуація ускладнюється формуванням зон зараження або теплового впливу. У посібнику «Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану» наголошується на необхідності використання засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) навіть під час руху до сховища, оскільки вторинні фактори ураження (пожежа, задимлення) можуть виникнути миттєво.

Для оцінки ефективності евакуації пропонується використовувати коефіцієнт безпеки персоналу $K_{\text{бп}}$:

$$K_{\text{бл}} = \frac{T_{\text{доп}}}{T_{\text{факт}}},$$

де $T_{\text{доп}}$ – допустимий час перебування у небезпечній зоні; $T_{\text{доп}}$ – фактичний час до досягнення захисної споруди. В умовах воєнного стану цей коефіцієнт повинен бути не менше 1,5, що створює необхідний «запас міцності» системи на випадок захаращення шляхів уламками або виходу з ладу систем освітлення.

Роль об'єктових формувань ЦЗ. Відповідно до Наказу № 302, на підприємстві мають бути створені ланки з обслуговування захисних споруд та групи охорони громадського порядку. Їхнє завдання в особливий

період – не лише технічне утримання сховищ, а й психологічна підтримка персоналу. Статистика дій ДСНС показує, що паніка при евакуації в умовах обстрілів збільшує час виходу на 30–40%, що може бути фатальним.

Модернізація планів евакуації. Сучасні умови вимагають впровадження динамічних планів евакуації, які інтегровані з системами раннього виявлення загрози. Наприклад, датчики надлишкового тиску на периметрі підприємства можуть автоматично розблоковувати двері евакуаційних виходів та вмикати звукове оповіщення ще до офіційного сигналу загальнодержавної тривоги, якщо зафіксовано локальний вибух.

Висновок. Організація захисту персоналу в умовах війни вимагає симбіозу суворих інженерних розрахунків та гнучкого оперативного планування. Виконання вимог Наказу ДСНС № 302 у поєднанні з науковими підходами до оцінки пожежної небезпеки техпроцесів дозволяє мінімізувати втрати серед людських ресурсів, що є найвищою цінністю держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення планів цивільного захисту на особливий період суб'єктами господарювання: Наказ ДСНС України від 19.03.2024 № 302.
2. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI.
3. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: навч. посіб. / за заг. ред. М. Коваля. Львів: ЛДУБЖ, 2023. 305 с.
4. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. / В. В. Олійник та ін. Харків: НУЦЗУ, 2023. 177 с.
5. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту.
6. Постанова КМУ від 30.10.2013 № 841 «Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі виникнення або загрози виникнення надзвичайних ситуацій».
7. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об’єктах і транспорті (Наказ МНС № 186).

УДК 614.842

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ’ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ДЕФІЦИТУ

***Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК**, курсанти НУЦЗ України,*
***Роман МОТРІЧУК**, PhD, викладач кафедри ПіТБ ОтаТ, НУЦЗ України*
Національний університет цивільного захисту України

Вступ. Системне руйнування енергетичної інфраструктури України внаслідок ракетно-дронових ударів створило нову парадигму загроз для техногенної безпеки. Більшість класичних систем протипожежного

захисту (СПЗ) – автоматичні установки пожежогасіння, системи димовидалення, підпор повітря – є енергозалежними. В умовах воєнного стану втрата основного джерела живлення стає не аварійною, а штатною ситуацією, що вимагає перегляду інженерних рішень на етапі планування цивільного захисту.

Проблематика надійності. Відповідно до посібника «Пожежна безпека технологічних процесів», надійність системи водопостачання R_{sys} при паралельному підключенні джерел живлення визначається як:

$$R_{\text{sys}} = 1 - (1 - R_{mer})(1 - R_{rez})$$

де R_{mer} – надійність міської електромережі, R_{rez} – надійність резервного джерела (ДЕС). У мирний час $\frac{R_{mer}}{1}$ В умовах воєнного стану $\frac{R_{mer}}{0}$ під час атак. Таким чином, загальна надійність системи протипожежного захисту стає повністю залежною від R_{rez} (справності дизель-генераторів та наявності палива).

Критичним параметром стає час виходу резервного джерела на робочий режим t_{start}. Для сучасних спринклерних систем інерційність спрацювання не повинна перевищувати 180 с. Якщо t_{start} генератора перевищує час розвитку пожежі до критичної площі S_{kr}, система вважається неефективною.

Вимоги Наказу № 302 щодо автономності. Методичні рекомендації (Наказ ДСНС № 302) зобов'язують суб'єктів господарювання створювати матеріальні резерви для забезпечення життєдіяльності в особливий період. Для СПЗ це трансформується у вимогу розрахунку запасу палива V_{fuel} для автономної роботи пожежних насосів:

$$V_{fuel} = q_{sp} \cdot P_{nom} \cdot \tau_{work} \cdot K_{zap},$$

де q_{sp} – питома витрата палива (л/кВт·год); P_{nom} – номінальна потужність насосної станції; τ_{work} – розрахунковий час гасіння (для промислових об'єктів – не менше 3 годин); K_{zap} – коефіцієнт запасу (в умовах порушеної логістики воєнного часу приймається 2,0–3,0).

Інженерно-технічні рішення. Для підвищення живучості систем в умовах нестабільного енергопостачання пропонується впровадження комбінованих схем водоживлення:

1. **Використання пневмобаків великої ємності:** Дозволяє підтримувати тиск у мережі протягом 10–15 хвилин без увімкнення основних насосів, що перекриває «мертвий час» запуску генератора.
2. **Дублювання електронасосів мотопомпами:** Встановлення стаціонарних дизельних мотопомп безпосередньо в насосних станціях, які механічно не залежать від електромережі об'єкта.
3. **Гравітаційні системи:** Відновлення практики використання водонапірних баків на висотних відмітках будівель, що забезпечують мінімальний напір для роботи внутрішніх пожежних кранів (ВПК) навіть за повної відсутності енергії.

Захист джерел живлення. Важливим аспектом, який часто ігнорується, є фізичний захист резервних джерел живлення. Генераторні установки, як правило, розміщуються на відкритих майданчиках або в легких контейнерах, вразливих до уламків. Згідно з рекомендаціями щодо дій в умовах воєнного стану, місця розташування ДЕС мають бути захищені габіонами або бетонними блоками, щоб уникнути ситуації, коли один вибух знеструмлює об'єкт і одночасно ініціює пожежу.

Специфіка автоматики. Сучасні системи пожежної сигналізації чутливі до перепадів напруги. Часті відключення призводять до виходу з ладу плат керування та хибних спрацювань. Необхідне обов'язкове встановлення стабілізаторів напруги подвійного перетворення (On-line UPS) для пультів управління, що забезпечить збереження логіки керування евакуацією.

Висновок. Забезпечення пожежної безпеки в умовах енергетичного терору вимагає переходу від пасивної надії на електромережі до активної розбудови автономних систем. Імплементація вимог Наказу № 302 через створення запасів палива та модернізацію насосних станцій є єдиним шляхом гарантування працездатності систем пожежогасіння в критичні моменти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення планів цивільного захисту на особливий період суб'єктами господарювання: Наказ ДСНС України від 19.03.2024 № 302.
2. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. / В. В. Олійник та ін. Харків: НУЦЗУ, 2023. 260 с.
3. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту.
4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Розділ 1. Електропостачання.
5. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: навч. посіб. / за заг. ред. М. Коваля. Львів: ЛДУБЖ, 2023.
6. Кодекс цивільного захисту України (зі змінами, внесеними законами щодо функціонування енергетичної системи)

УДК 614.841:631.1

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ МІННОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

***Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК**, курсанти НУЦЗ України*
***Роман МОТРІЧУК**, PhD, викладач кафедри ПіТБ ОтаТ, НУЦЗ України*
Національний університет цивільного захисту України

Вступ. В умовах повномасштабної війни агропромисловий комплекс (АПК) України став однією з пріоритетних цілей для ворожих атак.

Забезпечення продовольчої безпеки держави безпосередньо залежить від здатності аграріїв зібрати та зберегти врожай. Проте, традиційні підходи до пожежної безпеки, викладені у галузевих правилах, виявилися недостатньо ефективними в умовах, коли значні площі сільськогосподарських угідь забруднені вибухонебезпечними предметами (ВНП) або перебувають у зоні досягнення артилерії противника.

Специфіка пожежної небезпеки. Згідно з аналізом оперативної обстановки, основним джерелом пожеж на полях та елеваторах стають не технологічні несправності, а зовнішній кінетичний вплив (обстріли запалювальними боєприпасами, падіння уламків ракет та БПЛА). Головною проблемою для підрозділів ДСНС та добровільних пожежних команд стає неможливість вільного доступу до осередку займання.

Якщо у мирний час тактика гасіння хлібних масивів передбачала агресивний наступ на фронт пожежі та обкошування палаючої ділянки, то в умовах мінної небезпеки заїзд техніки в поле категорично заборонений до проведення повного обстеження території саперами. Це докорінно змінює саму філософію реагування: від ліквідації пожежі будь-якою ціною до пріоритету збереження життя особового складу.

Імплементація вимог Наказу ДСНС № 302. Нові Методичні рекомендації щодо розроблення планів цивільного захисту на особливий період вимагають від керівників агропідприємств перегляду карт-схем своїх угідь. План цивільного захисту агропідприємства повинен включати:

1. **Карти забруднення:** Чітке зонування територій на «перевірені» (зелена зона), «потенційно небезпечні» (жовта зона) та «заміновані/заборонені» (червона зона). Інформація має оновлюватися в режимі реального часу через взаємодію з Центрами протимінної діяльності.
2. **Безпечні маршрути:** Визначення шляхів під'їзду до водних джерел та полів, які мають тверде покриття і перевірені на відсутність мін. Рух по ґрунтових дорогах, що не включені до безпечного реєстру, має бути заборонений внутрішніми наказами.
3. **Адаптація технологічного процесу:** Розміщення тимчасових місць складування врожаю (токів) повинно здійснюватися з урахуванням захисних властивостей рельєфу місцевості, щоб мінімізувати ризики ураження осколками.

Тактика захисту врожаю. Враховуючи неможливість оперативного гасіння пожеж на замінованих полях, основний акцент зміщується на превентивні інженерні заходи, що створюють пасивний бар'єр для поширення вогню. Науково обґрунтованими заходами є:

- **Збільшення ширини прокосів:** Стандартні норми поділу полів на ділянки площею до 50 га повинні бути переглянуті у бік зменшення площі однієї «клітинки», а ширина мінералізованих смуг (оранки) між ними – збільшена. Це дозволяє локалізувати пожежу в межах однієї ділянки без залучення пожежної техніки, оскільки вогонь просто не зможе подолати широку смугу зораної землі.

- **Створення буферних зон:** Навколо полів, що межують з лісосмугами або дорогами (звідки найчастіше прилітають снаряди або диверсанти), необхідно створювати подвійні бар'єрні смуги.
- **Захист техніки:** Використання броньованих кабін для тракторів та комбайнів, а також оснащення сільськогосподарської техніки системами дистанційного керування для роботи на підозрілих ділянках.

Особливості захисту елеваторних комплексів. Елеватори та зерносховища є об'єктами підвищеної вибухопожежонебезпеки через наявність зернового пилу. В умовах війни додається ризик розгерметизації силосів від вибухової хвилі. Пошкодження конструкцій призводить до висипання зерна та утворення пилоповітряних сумішей великого об'єму на відкритому просторі. Рекомендації для таких об'єктів включають:

- Встановлення систем локального пожежогасіння (сухотрубів) у верхніх галереях силосів з виведенням патрубків на рівень землі в захищені місця (за бетонні огорожі). Це дозволить подавати воду на гасіння на висоту без використання автодрабин, які є вразливими мішенями.
- Розробку алгоритмів аварійного переміщення зерна. Замість тривалого зберігання в висотних силосах, в особливий період доцільно використовувати технологію зберігання в полімерних рукавах на розосереджених майданчиках, що знижує ризик повної втрати запасів від одного влучання.

Взаємодія з піротехнічними підрозділами. Критичним етапом підготовки до жнив є процедура нетехнічного та технічного обстеження територій. Відповідно до навчального посібника «Дії підрозділів ДСНС», виявлення будь-якого підозрілого предмета вимагає негайної зупинки всіх польових робіт у радіусі не менше кількох сотень метрів. Керівники агрогосподарств повинні забезпечити цілодобовий канал зв'язку з оперативними черговими ДСНС та Національної поліції.

Висновок. Забезпечення пожежної безпеки АПК в умовах війни вимагає відмови від шаблонів мирного часу. Головним пріоритетом стає життя людини. Збереження врожаю забезпечується не героїчним гасінням замінованого поля, а грамотним плануванням, поділом угідь на ізольовані сектори та тісною співпрацею з підрозділами розмінування. Виконання цих умов дозволяє мінімізувати збитки та зберегти кадровий потенціал галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення планів цивільного захисту на особливий період суб'єктами господарювання: Наказ ДСНС України від 19.03.2024 № 302.
2. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI.

3. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: навч. посіб. / за заг. ред. М. Коваля. Львів: ЛДУБЖ, 2023. 305 с.
4. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. / В. В. Олійник та ін. Харків: НУЦЗУ, 2023. 177 с.
5. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту.
6. Постанова КМУ від 30.10.2013 № 841 «Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі виникнення або загрози виникнення надзвичайних ситуацій».
7. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті (Наказ МНС № 186).

УДК 614.84

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЗВУКУ ПРИ ПОШУКУ ПОСТРАЖДАЛИХ У РАМКАХ USAR

***Костянтин ОСТАПОВ**, канд. техн. наук, доц.*
***Кіріл ТРЯПКІН**, курсант інституту оперативно-рятувальних сил*
Національний університет цивільного захисту України

USAR (Urban Search and Rescue) – це комплекс пошуково-рятувальних, інженерних і медичних заходів, спрямованих на виявлення та рятування людей у зруйнованих або пошкоджених міських будівлях і спорудах. Команди USAR у всьому світі застосовують пристрої для локалізації звуку з метою виявлення ознак життя постраждалих. Такі прилади використовують сейсмічні та акустичні технології. Вони зазвичай застосовуються групою з п'яти–семи рятувальників.

Пристрої для локалізації звуку відрізняються розмірами та функціональними можливостями. Датчики (зонди) таких систем можуть встановлюватися на різні поверхні та кромки конструкцій, однак для отримання коректного сигналу вони повинні мати надійний контакт із поверхнею, що слугує джерелом передачі звуку.

Як і всі пошукові методи, застосування пристроїв локалізації звуку ґрунтується на чіткій стратегії та плануванні, з поступовим і послідовним виконанням заздалегідь визначеного алгоритму дій [1]. Зміна стратегії допускається лише у разі фіксації датчиками неприродного шуму, наприклад, умовленого сигналу простукування. Після виявлення такого шуму пошукові дії концентруються навколо відповідного датчика до моменту точного визначення місця перебування постраждалого.

До найбільш поширених пристроїв локалізації звуку належать Vibraphone та Delsar LifeDetector. Vibraphone є базовою моделлю серед подібних пристроїв. Він має щонайменше два датчики, а також акустичний мікрофон і гучномовець. Більш сучасні модифікації оснащуються додатковими датчиками, що дозволяє точніше визначати джерело звуку. Такі прилади протягом багатьох років успішно застосовуються легкими рятувальними підрозділами (підрозділами першого реагування). Вони є

відносно простими у використанні та потребують участі 3–4 осіб. За умови належної підготовки пошуковий фахівець може ефективно застосовувати ці пристрої в різних умовах обвалення будівель.

Delsar LifeDetector є більш потужною та технічно досконалою системою порівняно з Vibraphone і використовується легкими та середніми командами USAR (рис. 1). Пристрій має компактні розміри, але водночас є надзвичайно ефективним для виявлення ознак життя. Він оснащений шістьма датчиками, які можуть застосовуватися як окремо (у замкнених просторах), так і комплексно – для покриття більшої площі. Це більш технічно складний прилад, що вимагає вищого рівня підготовки, оскільки необхідно визначати, який саме датчик зафіксував сигнал. Як і Vibraphone, він оснащений світлодіодною панеллю, яка реагує на шум і рух, забезпечуючи візуальну та звукову індикацію.



Рисунок 1 – Пристрій Delsar LifeDetector, підготовлений до застосування під час проведення рятувальної операції

Пристрої для локалізації звуку значно підвищують імовірність виявлення та локалізації свідомого постраждалого, особливо у випадках, коли людина перебуває на значній глибині під завалами. За сприятливих умов чутливі датчики можуть виявляти ознаки життя на глибині до 30 метрів. Після локалізації постраждалого можливе опускання двостороннього мікрофона для встановлення зв’язку з ним.

Пристрої локалізації звуку, зокрема Vibraphone та Delsar LifeDetector, доцільно застосовувати після первинного пошуку із залученням кінологічних розрахунків, особливо у разі отримання інформації про ймовірне перебування постраждалих. Також ці прилади можуть використовуватися за відсутності кінологічної групи після проведення лінійного пошуку та голосового виклику.

Різні надзвичайні ситуації мають різні вимоги щодо пошуку постраждалих. З метою врахування цих особливостей існують різноманітні варіанти організації пошуку, зокрема із застосуванням технічних засобів. Водночас ефективність їх використання безпосередньо залежить від належної підготовки персоналу, а також від знання та дотримання обмежень кожного інструмента.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rescue Techniques for Emergency Response : an introductory manual for European volunteer rescuers. Vol. 2. – Malta : EVOLSAR, 2020. – 115 p. – ISBN 978-99957-1-833-6.

УДК 614.84

ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ВИСОТАХ БУДІВЕЛЬ

Костянтин ОСТАПОВ*, канд. техн. наук, доц.,*
Денис БОНДАР*, курсант інституту оперативно-рятувальних сил*
Національний університет цивільного захисту України

Активні обстріли міст ракетами та артилерією на сьогоднішній війні є складовою тактики бойових дій, що веде рф проти України. Це призводить до значних руйнувань житлового фонду наших міст і промислових центрів, особливо тих, які знаходяться біля лінії фронту. Внаслідок бойових дій значна кількість міст, має понад 50 % житла та інфраструктури вже пошкодженим і продовжується руйнування.

Загальна кількість зруйнованих або пошкоджених об’єктів житлового фонду становить близько 236 тис. будівель. Природно, що дахи та верхні поверхи будівель зазнають найбільш значні руйнування. Реалії збройної агресії вимагають значного коригування дій аварійних служб і підрозділів ДСНС України зі збільшенням зусиль по відновленню забудов міст та промислових центрів. Підкреслимо, що аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи тут є основою безпеки життєдіяльності громадян України. Пожежно-рятувальні підрозділи першими прибувають до зони зруйнованих будівель та приймають на себе основну частину робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС). Особливо при вибухах і руйнуваннях верхніх поверхів та дахів багатоповерхових будинків [1], будь то видалення елементів пошкоджених будівель, чи рятування постраждалих з гори до безпечних зон з метою надання медичної допомоги (рис. 1).

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення ефективності та безпеки ведення аварійно-рятувальних та інші невідкладних робіт в висотних будинках та будівлях підвішеної поверховості, що було пошкоджено при надзвичайних ситуаціях. У сучасному контексті воєнного часу, коли існує загроза повторних ракетних ударів, швидкість та злагодженість дій оперативних робітників є критично важливим аспектом. Трагічний випадок, що стався 4 квітня 2024 року під час повторної атаки на Харків, коли загинуло троє рятувальників, яскраво демонструє гостру потребу в розробці нових ефективних та безпечних підходів для мінімізації ризиків громадян й особового складу ДСНС

України. Таким чином, проблема забезпечення достатнього рівня безпеки аварійно-рятувальних робіт на висотах та ефективності задіяння підйомно-транспортних машин є своєчасною і актуальною.



а)



б)

Рисунок 1 – Використання люльки традиційних кранів:
а) видалення елементів пошкоджених будівель;
б) транспортування постраждалих до землі

У роботі [2] розглянуті особливості застосування пожежно-рятувальних автодрабин та автопідіймачів для ведення аварійно-рятувальних робіт при НС у багатоповерхових будівлях. В роботі розглянуті технічні параметри автодрабин, які мають значення для ефективності рятувальних робіт. Проведено огляд технічних і тактичних аспектів роботи з автодрабинами: зокрема, що не можна «опирати» верхню частину автодрабини на покрівлю чи парапет будівлі, оскільки це може створити не спроектовані навантаження і призвести до відмови конструкції. Перевагами застосування пожежно-рятувальних автодрабин та автопідіймач є швидке розгортання, можливість евакуації людей з вікон, доставка рятувальників і техніки на верхні поверхи. Недоліками їх використання є обмежена висота задіяння (30–50 м), залежність від місця розташування будівлі (під'їзні шляхи та ін.), вплив погодних умов.

Оцінюючи недоліки цього рішення слід зауважити. По мірі збільшення висоти підйому кабіни з людьми і вантажем, кабіна стає менш керованою, збільшуючи небажані коливання, незважаючи на наявність керуючих канатів і блоків перерозподілу зусиль керування. А це – небезпечно для транспортування людей. Крім того, на більшість потерпілих висота має негативний психологічний вплив, якщо кабіна відкрита до зовнішнього простору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ostapov, K., Ragimov, S., Senchykhin, Y., Avetisian, V. (2024). Increasing the Fire Protection Efficiency of Metal Building Structures. Defect and Diffusion Forum, 437, 79–90. doi: 10.4028/p-go9qXN
2. Li T., Zhong M., Fei L. Selection of high-arm fire trucks for urban emergency preparedness based on evidential linguistic CRITIC-BWM approach. Expert Systems with Applications. 2025. Vol. 287. 128064. doi: 10.1016/j.eswa.2025.128064

UDC 811.111'276.6:614.84:355.232.1

EFFECTIVE MASTERING OF ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES BY NATIONAL UNIVERSITY OF CIVIL PROTECTION OF UKRAINE CADETS AS FUTURE SPECIALISTS IN THE FIELD OF CIVIL PROTECTION AND FIRE SAFETY

***Olga RYZHCHENKO**, Candidate of Philological Sciences, Docent*
National University of Civil Protection of Ukraine

English for Specific Purposes is a vital necessity for cadets at National University of Civil Protection of Ukraine as the globalization of disaster response makes it important to be able to communicate and technically interoperate in emergency situations. For future specialists in civil protection and fire safety English language proficiency means basic conversational fluency which requires a specialized knowledge of terminology related to pyrotechnics, chemical, biological, radiological, and nuclear defense, and structural fire extinguishing.

The process of mastering this discipline is based on the integration of the content and language integrated learning methodologies, which are meant to combine professional vocabulary with professional disciplines. Cadets are supposed to learn complex topics involving the mechanics of combustion, the thermodynamics of fire spread, and the legislative frameworks of international humanitarian law. Effective mastery is further enhanced through the simulation of high-stress emergency scenarios, such as radio communications during a simulated large-scale industrial accident or the coordination of search and rescue operations with international agencies like the UN's INSARAG. These methods are meant to provide communicative competence over rote memorization, ensuring that a cadet can accurately interpret technical data sheets, safety protocols, and operational orders in real-time.

Furthermore, the psychological aspect of professional training at National University of Civil Protection of Ukraine demands that English instruction account for the stress-resilience of the learner; the ability to relay precise coordinates or chemical hazards under pressure is the ultimate benchmark of linguistic success. Digital transformation also plays an important role, with specialized software and virtual reality environments allowing cadets to interact with English-language interfaces common in modern fire-suppression systems and early-warning technologies. By aligning professional vocabulary with the specific occupational hazards and procedural standards of the State Emergency Service of Ukraine, the educational process transforms English from a general academic subject into a functional tool for life-saving intervention. This specialized linguistic training must also address the nuances of technical documentation, where cadets learn to draft incident reports, risk assessments, and evacuation plans that adhere to European and international standards.

The didactic framework is bolstered by the use of authentic materials, ranging from National Fire Protection Association codes to real-time weather alerts and geological survey data, which provide a grounded context for linguistic application. In the realm of fire safety, understanding the chemical properties of suppressants and the physics of "flashover" or "backdraft" in English allows cadets to access a vast list of global research and operational case studies. Moreover, the collaborative nature of civil protection means that cadets must be prepared for "inter-agency" communication, where English serves as the official means of communication between military units, medical teams, and non-governmental organizations during humanitarian missions. The mastery of English for Specific Purposes thus involves a multi-layered approach where the phonological accuracy is required for clear radio transmission, the syntactic precision is needed for official reporting, and the cultural intelligence is required to operate within diverse international task forces.

As National University of Civil Protection of Ukraine continues to refine its curriculum, the focus shifts toward "sustainability" in language acquisition, ensuring that the terminology remains current with evolving technologies such as drone-assisted firefighting and AI-driven predictive modeling for flood defense. Ultimately, the effective mastering of English for Specific Purposes ensures that Ukrainian fire safety specialists are not only technically proficient but are also capable of contributing to the global security architecture, facilitating mutual aid during natural disasters and man-made catastrophes on an international scale. This high-level linguistic integration fosters a generation of officers who are globally mobile, intellectually versatile, and prepared to represent the resilience of Ukraine's emergency services on the world stage.

The comprehensive integration of English for Specific Purposes into the curriculum of National University of Civil Protection of Ukraine leads to several profound conclusions regarding the future of emergency management and international cooperation. Primarily, the transition from general linguistic instruction to a specialized, high-stakes communication model signifies that English is no longer an auxiliary skill but a core functional competency for the modern rescue officer. The ability of a cadet to master the vocabulary of thermodynamics, structural engineering, and toxicology in a foreign language directly correlates with the operational safety and efficiency of international rescue missions. This specialized training bridges the gap between local expertise and global standards, allowing Ukrainian specialists to be integrated into the European Civil Protection Pool and other international response frameworks.

Furthermore, the pedagogical shift toward content and language integrated learning and simulation-based training highlights the necessity of "cognitive endurance" in language acquisition. Effective mastery requires cadets to bypass the mental translation phase, achieving a level of fluency where technical English becomes a reflexive tool during the "golden hour" of disaster response. This ensures that critical information regarding hazardous materials or structural stability is transmitted without ambiguity, reducing the margin for error in life-

threatening environments. The inclusion of digital literacy, specifically the command of English-language interfaces in drone technology and fire-modeling software, further underscores that English for Specific Purposes is the gateway to utilizing the most advanced tools in the field.

Ultimately, the successful mastering of English for Specific Purposes by cadets at National University of Civil Protection of Ukraine serves as a catalyst for professional modernization. It fosters a new generation of officers who are not only defenders of domestic safety but also active participants in the global scientific community. By engaging with international research and contributing to global safety protocols, these specialists enhance the prestige of Ukraine's emergency services. The broader implication is clear: in an era of transboundary disasters and climate-induced emergencies, language proficiency is a strategic asset that transforms a local first responder into a global humanitarian actor, ensuring that National University of Civil Protection of Ukraine remains a vanguard of professional excellence on the international stage.

УДК 614.841

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС БЕЗПРОВІДНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ

Сергій РУДАКОВ, *канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення безпечного функціонування енергетичної галузі одна з основних завдань України у рамках забезпечення національної безпеки. З зовнішніх загроз, що надають негативний вплив на енергетичну галузь, можна виділити геополітичні та терористичні фактори, а до внутрішніх загроз віднести працездатність галузі енергетики в масштабах держави.

Об'єкти енергетичного комплексу є основою енергетичного сектору держави. Їх сукупність формує багаторівневу взаємопов'язану систему, призначену для виробництва енергії та її передачі споживачам. При цьому аварія навіть на одному з таких об'єктів здатна негативно вплинути на стабільне функціонування всього сектору загалом.

Попри те, що частка пожеж на об'єктах енергетики у загальній структурі пожеж є незначною, їх наслідки для територій і населення часто мають масштабний характер. Запобігання виникненню пожеж і їх оперативна ліквідація на енергетичних об'єктах є ключовим завданням у контексті забезпечення національної безпеки держави. Важливу роль у цьому відіграють своєчасне виявлення загорянь, передача сигналів про пожежу та ефективне виконання робіт із її гасіння. Саме тому надійність каналів зв'язку і гарантована передача інформації в системі управління підрозділами ДСНС України мають вирішальне значення для зменшення матеріальних збитків і кількості постраждалих.

Час проходження інформації про пожежі з моменту її виникнення до реєстрації в центрі управління в кризових ситуаціях ДСНС України може сягати 15 хвилин. З урахуванням того, що прибуття сил та засобів оперативно-рятувальних підрозділів в місті не перевищує 10 хвилин (у сільських населених пунктах до 20 хвилин) час вільного розвитку пожежі може досягати 20 хвилин, а середній час гасіння до 50 хвилин.

При вільному розвитку пожежі її потужність значно зростає вже через 20 хвилин після виникнення. Як наслідок, матеріальний збиток та негативні наслідки від пожежі зростають у геометричній прогресії, і, що найголовніше, втрата часу може привести до загибелі людей.

Впровадження систем моніторингу пожежної безпеки з можливістю трансляції сигналу про пожежі на пульт диспетчера найближчою пожежно-рятувальної частини (ПРЧ) і диспетчеру чергової зміни центру управління ГУ ДСНС по областях дозволить скоротити середній час проходження сигналу про пожежу на 10 хвилин, тим самим скоротити час вільного розвитку пожежі. Це дозволить керівництву ДСНС України контролювати процес розвитку подій з моменту отримання тривожних повідомлень про пожежу та надзвичайну ситуацію (НС), а також дозволить своєчасно приймати управлінські рішення по їх ліквідації.

Серйозну небезпеку для життя і здоров’я персоналу на об’єктах енергетичного комплексу становлять пожежі, пов’язані з горінням полімерних матеріалів, горючих сумішей і палива. У таких випадках утворюється значна кількість диму, а поширення вогню відбувається надзвичайно швидко. Нерідко це зумовлено несвоєчасною передачею сигналу про пожежу на пульт пожежної охорони, а також наявністю великої кількості горючих матеріалів. У результаті зростає тривалість ліквідації пожежі, збільшуються матеріальні витрати та виникає потреба у залученні значних сил і засобів.

Використання більше надійних безпровідних систем виявлення пожежі (БСВП) є одним зі способів підвищення рівня захисту від пожеж на об'єктах енергетичного комплексу. Технології використання БСВП активно розвиваються, основна перевага БСВП полягає в тому, що вони забезпечують захист від помилкових спрацьовувань, застосування технологій, які гарантують безперебійну роботу систем, а також оперативну передачу оповіщення про пожежі диспетчеру найближчої пожежно-рятувальної частини.

Створено оптимізовану модель приймання трривожних повідомлень про пожежі та надзвичайні ситуації на об’єктах енергетичного комплексу, у межах якої визначено рівні критичності (критичний, важливий, інформаційний) для їх класифікації за ступенем значущості. Це дає підстави стверджувати про доцільність використання цифрової мережі зв’язку ДСНС України для передачі таких повідомлень з об’єктів захисту.

Запропоновано принципи побудови програмно-апаратного комплексу безпровідної системи пожежного моніторингу, визначено його

архітектуру та обґрунтовано ключові технічні рішення, що забезпечують відображення стану об’єктів енергетики на робочому місці диспетчера ОКЦ відповідно до рівня важливості повідомлень про пожежі та надзвичайні ситуації.

На основі аналізу інформаційних потоків у каналах цифрової мережі зв’язку, де час приймання повідомлень описується розподілом Ерланга третього порядку, а також із застосуванням модифікованих співвідношень Джейсуола, побудовано математичну модель функціонування комплексної системи пожежного моніторингу об’єктів енергетичного комплексу. Теоретично обґрунтовано умови її застосування та підтверджено задовільну узгодженість між теоретичними й експериментальними результатами.

Сформовано основні та спеціалізовані техніко-експлуатаційні вимоги до комплексної системи пожежного моніторингу. Із використанням методів експертних оцінок розроблено інтегральний критерій кількісної оцінки ефективності функціонування безпровідних систем пожежного моніторингу об’єктів енергетики. На прикладі двох таких систем здійснено вибір найбільш ефективного варіанта за максимальним значенням комплексного критерію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fire detection: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/firedetection (дата звернення: 27.01.2023)
2. Рудаков С.В., Щолоков Е.Е. Програмно-апаратний комплекс безпровідного моніторингу пожежної безпеки об'єктів енергетики у цифровій мережі зв'язку ДСНС України. 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.109-110. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/27914
3. The First Person - Volume 6, Issue 1, 2019. *Philosophy Documentation Center : Home*. URL: https://www.pdcnet.org/symposion/content/symposion_2019_0006_0001_0023_0038.

УДК 614.8

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ У СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

***Ніна РАШКЕВИЧ**, PhD*

Національний університет цивільного захисту України

В умовах повномасштабних воєнних дій система цивільного захисту стикається з необхідністю оперативного реагування на загрози техногенного та природного характеру. Масовані артилерійські та ракетні

удари, а також руйнування промислових об’єктів призводять до формування зон підвищеного екологічного ризику, зокрема забруднення ґрунтового покриву небезпечними хімічними сполуками та важкими металами [1, 2].

Традиційні методи екологічного моніторингу, що базуються на польових обстеженнях та лабораторному аналізі проб, в умовах бойових дій часто є неможливими через обмежений доступ до небезпечних територій, мінну загрозу та високі ризики для персоналу [3, 4]. Це зумовлює необхідність геоінформаційних технологій для оперативної оцінки рівня небезпеки та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері цивільного захисту.

Одним із перспективних напрямів є використання геопросторової інформації про бойові події, типи застосованого озброєння та просторово-часові характеристики уражень з метою формування кількісних показників ризику забруднення ґрунтів та визначення пріоритетних зон реагування [5, 6].

Запропонований підхід базується на поєднанні геопросторових даних про бойові дії з природними та антропогенними характеристиками території у середовищі геоінформаційних систем (ГІС). Методика передбачає поетапну реалізацію процедур збору та систематизації вихідних даних, індексації інтенсивності уражень, просторового моделювання потенційного забруднення та формування карт ризику.

На першому етапі здійснюється формування бази геоданих:

$$D = \{x_i, y_i, t_i, w_i, c_i\}_{i=1}^{N}, \quad (1)$$

де x_i, y_i – координати i-го влучання, t_i – час події, w_i – тип боєприпасу, c_i – калібр або еквівалентна маса вибухової речовини, N – загальна кількість зафіксованих уражень. Додатково залучаються цифрові шари рельєфу $H(x, y)$ землекористування $L(x, y)$ та гідрогеологічних умов $G(x, y)$, які визначають закономірності міграції забруднювачів у ґрунтовому середовищі та потенційний рівень ризику для населення та об’єктів критичної інфраструктури.

На другому етапі для кожної елементарної ділянки території S_k визначається індекс бойового навантаження:

$$I_б(S_k) = \sum_{i \in S_k} W_i \cdot f(t - t_i), \quad (2)$$

де W_i – ваговий коефіцієнт, що характеризує потенційну токсикологічну небезпеку i-го боєприпасу, $f(t - t_i)$ – функція часової деградації забруднювачів, яка може набувати вигляду експоненційного спаду:

$$f(\Delta t) = exp(-\lambda \Delta t), \quad (3)$$

де λ – параметр швидкості деградації або міграції шкідливих речовин у ґрунтовому середовищі. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити сумарний техногенний вплив бойових дій та перейти від якісного аналізу до формалізованої оцінки потенційної небезпеки.

На третьому етапі індекс бойового навантаження трансформується у модель потенційного забруднення ґрунтів:

$$P_{\text{забр}}(x,y) = I_{\text{б}}(x,y) \cdot K_{\text{г}}(x,y) \cdot K_{\text{л}}(x,y), \quad (4)$$

де $K_{\text{г}}(x,y)$ – коефіцієнт, що враховує вплив гідрогеологічних умов на міграцію та акумуляцію забруднювачів, $K_{\text{л}}(x,y)$ – коефіцієнт землекористування, який відображає чутливість території до забруднення залежно від функціонального призначення (житлова забудова, сільськогосподарські угіддя, лісові масиви, промислові зони). Це дозволяє просторово диференціювати рівні ризику та виділити зони можливого формування вторинних небезпек, зокрема забруднення ґрунтових вод:

$$R_{gw}(x,y) = P_{\text{забр}}(x,y) \cdot K_{\text{ф}}(x,y), \quad (5)$$

де $K_{\text{ф}}(x,y)$ – коефіцієнт фільтраційних властивостей ґрунтів.

На завершальному етапі результати моделювання інтегруються у ГІС-середовище, що забезпечує формування карт екологічного ризику:

$$R(x,y) = \alpha P_{\text{забр}}(x,y) + \beta R_{gw}(x,y), \quad (6)$$

де α, β – вагові коефіцієнти, які визначають відносний внесок ґрунтового та гідрогеологічного факторів у загальний рівень небезпеки.

Отримані карти використовуються для аналізу просторових закономірностей, ранжування територій за рівнем ризику та обґрунтування управлінських рішень щодо мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій воєнного характеру в системі цивільного захисту.

Таким чином, розроблено формалізовану математичну модель оцінювання бойового навантаження, що враховує координати влучань, тип і потужність боєприпасів, а також часову деградацію забруднювачів, що забезпечує перехід від якісної експертної оцінки до кількісного аналізу потенційного техногенного впливу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашкевич Н. В. Аналіз сучасного стану попередження надзвичайних ситуацій на територіях України, які зазнали ракетно-артилерійських уражень. Комунальне господарство міст. 2023. Том 4, випуск 178. С. 232–251. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-4-178-232-251
2. Рашкевич Н. В., Рашкевич О. С., Дівізінюк М. М., Шевченко Р. І., Шевченко О. С. Формування функціонального поля інформаційно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру зумовлених забрудненням ґрунтів в зоні бойових дій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. № 2 (20) 2025. С. 82–91. DOI: https://doi.org/10.33269/nvcz.2025.2.82-91
3. Рашкевич Н. В., Мележик Р. С., Перегін А. В., Краснов В. А. Оцінка забруднення ґрунтів у районах ураження ракетно-артилерійських систем за показниками електропровідності. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2025. № 2(42). С. 294–303. DOI: 10.52363/2524-0226-2025-42-19
4. Rashkevich, N., Shevchenko, R., Yeremenko, S. (2025). Development of an Organizational and Technical Method of Emergency Prevention of Technological Character on the Territory Which Was Attacked by Rocket and Artillery Impacts. In: Babak, V., Zaporozhets, A. (eds). Systems, Decision and Control in Energy VII. Volume II: Power Engineering and Environmental Safety. Vol. 595. P. 717–747.

5. Рашкевич Н. В., Краснов В.А., Рашкевич О.С. Теорія і практика розробки інтегрованої моделі оцінювання забруднення ґрунтів та ґрунтових вод на уражених територіях. Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». № 18(2/2025). С. 23–33. DOI: 10.52363/2522-1892.2025.2.3
6. Рашкевич Н. В., Краснов В. А., Гузь А. С. Процедури геопросторового профілювання території можливого радіаційного забруднення внаслідок ракетно-артилерійских уражень. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. № 111 (2025). С. 158–165. DOI: https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2025.111.0.158

УДК 678.046

ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЇ ВОГНЕГАСЯЧИХ СОЛЕЙ ВИСОКОПОРИСТИМИ НОСІЯМИ

***Марія КУЦЕНКО**, канд. екон. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

Пожежі на торфовищах та горіння нафтопродуктів на водних об’єктах належать до надзвичайних ситуацій найвищого рівня складності. Торф’яні пожежі характеризуються здатністю до тривалого тління в глибині шарів (навіть за низького вмісту кисню), що робить традиційне гасіння водою неефективним і надзвичайно дорогим через великі витрати ресурсу [1]. У випадку горіння вуглеводнів на воді стандартні порошки тонуть під дією власної ваги (> 3 г/см^3), а піни завдають значної екологічної шкоди екосистемі водойм.

Особливу проблему становлять хладони, які хоч і є ефективними інгібіторами, проте згідно з Монреальським протоколом виводяться з експлуатації через руйнування озонового шару та високу токсичність [2]. Отже, розробка плавучих, екологічно безпечних та стійких до вимивання вогнегасних засобів є критично важливою науково-технічною задачею.

Метою дослідження – обґрунтування та створення вогнегасних засобів нового типу, що базуються на іммобілізації солей-інгібіторів усередині високопористих носіїв.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати наступні завдання:

1. Вибрати оптимальний носій (мінеральний або органічний) з високою пористістю та низькою насипною масою.
2. Експериментально визначити адсорбційну здатність носіїв щодо вогнегасних солей.
3. Дослідити мікроструктуру та фазовий склад отриманих систем.

В дослідженнях було використано метод фізичної адсорбції [3]. Головна перевага цього методу полягає в тому, що активна речовина (адсорбат) зберігає свою молекулярну структуру всередині пор носія (адсорбенту) і вивільняється (десорбується) лише за умови підвищення температури (під час пожежі).

Використовувалися робочі розчини солей (K_2HPO_4, KH_2PO_4, $(NH_4)_2HPO_4$) з концентрацією на 5–10% нижче насиченої для запобігання передчасної кристалізації та закупорки каналів [4-6].

Розроблена методика просочення шляхом вакуумування:

1. Зразок носія у сітчастій тарі занурювався у розчин солі.
2. Система поміщалася у вакуумний ексикатор, де створювався залишковий тиск 5-10 мм рт. ст.
3. Вакуум витісняв повітря з пор, а після відновлення атмосферного тиску розчин солі інтенсивно заповнював вільні капіляри.

Для тирси вільхи та сосни внаслідок їх гідрофільності використовувався спрощений метод «губки»: багаторазове механічне стискання зразка безпосередньо в розчині, що дозволяло ефективно замінити повітря в порах на рідку фазу.

У ході досліджень було перевірено та відсіяне ряд матеріалів:

– активоване вугілля (медичне): втрачає механічну міцність при контакті з водою;
– активоване вугілля (протигазне): має занадто високу густину після сорбції солі, що призводить до втрати плавучості;
– кополімери стиролу та катіоніти: продемонстрували вкрай низьку адсорбційну здатність до водних розчинів солей.

Найкращі результати продемонстрували спучений вермікуліт та деревна тирса.

Результати експериментів свідчать про наступне:

– спучений вермікуліт (визначені марки): найбільш ефективними виявилися фракції 3-4 мм та 4-5 мм. Приріст маси за солями фосфатів амонію досягав 45-70%.
– органічні носії: тирса вільхи продемонструвала вищу адсорбційну здатність (відношення сіль/носій 0,76-0,86) порівняно з тирсою сосни (0,53-0,72).

В ході досліджень було доведено, що проведення більше трьох циклів «іммобілізація – сушка» є недоцільним, оскільки приріст маси солі стабілізується, а подальше нашарування може призвести до закупорювання зовнішніх пор.

Рентгеноструктурний аналіз підтвердив [7], що після обробки на дифрактограмах з’являються чіткі піки, характерні для кристалічної структури фосфатів амонію. Це свідчить про успішне осадження солі всередині матриці носія.

За допомогою скануючої електронної мікроскопії було виявлено:

– Солі розподіляються у вигляді високодисперсних частинок розміром 3-10 мкм.
– Частинки солі рівномірно вкривають внутрішні стінки капілярів, що забезпечує їх захист від атмосферних опадів.

Розроблені композиції вирішують дві ключові проблеми:

1. Плавучість: Завдяки малій насипній масі носія (0,1-0,17г/см^3), навіть після насичення солями, засіб тривалий час утримується на поверхні нафтопродуктів або води, створюючи вогнегасний шар.

2. Пролонгована дія на торфовищах: Оскільки солі іммобілізовані всередині вузьких капілярів, вони не змиваються першим же дощем. Це дозволяє використовувати засіб для превентивної обробки пожежонебезпечних ділянок торфовищ. Термін захисної дії такої обробки може становити до 3–4 років.

Таким чином, науково обґрунтовано вибір спученого вермікуліту та деревної тирси як оптимальних носіїв для вогнегасної речовини. Крім того, було встановлено, що використання вакуумної іммобілізації дозволяє досягти високого вмісту діючої речовини при збереженні плавучості засобу та доведено можливість створення комбінованих засобів на основі нітрату калію та тирси, що працюють за принципом генерації вогнегасного аерозолю.

Отримані результати є базою для промислового виробництва екологічно чистих, дешевих та високоефективних вогнегасних порошків нового покоління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Несен І.О. та ін. До проблеми попередження пожеж на торфовищах. // «*Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*» Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України. Том 6, № 1 (2022), стор. 69-74.
2. Резолюція Монреальського протоколу від 16.09.1987. Режим доступу: http://parusconsultant.com/doc=053O65D021.
3. Nicolson P.C., Artman D.D., A technique for the evaluation of AFFF sealing characteristics. // *Fire Technology*, 1977, 13, № 1, 13-20.
4. Вогнегасний засіб. Патент на корисну модель 136531 Україна. Опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16/2019.
5. Техніко-економічне обґрунтування організації виготовлення засобів для гасіння пожеж горючих рідин на основі вогнегасних солей, іммобілізованих пористим носієм. / Куценко М.А. та ін. «*Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*» Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України. Том 3, № 1 (2019), стор. 42-50.
6. Richard I. Masel / Principles of Adsorption and Reaction on Solid Surfaces, Wiley-Interscience, 1996. 824 p.
7. Дослідження адсорбції вогнегасячих солей високопористими носіями. / Куценко М.А. та ін. «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація» Збірник наукових праць Національного університету цивільного захисту України. Том 9, № 1 (2025), стор. 85-95.

УДК 614.84:355.01

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Сергій ВЕДУЛА, *ст. викладач*
Віталій НОВГОРОДЧЕНКО*, ст. викладач*
Олексій ГОРДІНКО*, викладач*
Національний університет цивільного захисту України.

Головними причинами виникнення пожеж у період збройної агресії є атаки на об'єкти цивільної інфраструктури, що спричиняють масштабні руйнування та займання. Однією з найбільш небезпечних причин виникнення пожеж є підриви складів паливно-мастильних матеріалів, резервуарів з різними хімічними речовинами. Такі обстріли зумовлюють не лише великі займання, але й можуть спричинити серію вибухів, що створює підвищену небезпеку для рятувальників.

Поведінка цивільних під час пожежі в умовах воєнного стану визначається конкретними обставинами, однак існують загальні рекомендації, що допомагають знизити ризики. Насамперед потрібно, якщо це можливо, повідомити про пожежу за номером 101 або поінформувати представників військової адміністрації чи волонтерів.

За сприятливих умов, слід організувати вихід людей із будівлі охопленої вогнем, приділяючи першочергову увагу дітям, людям похилого віку, хворим та особам з інвалідністю. За можливості, перекрити газ, вимкнути електроенергію. Якщо є доступні засоби пожежогасіння – вогнегасники, вода або пісок – можна спробувати ліквідувати займання на ранній стадії.

Насамперед, у разі загрози обстрілів чи вибухів, головним завданням є збереження життя людей. Не слід наражати себе на небезпеку або діяти без належного захисту. Для ефективної роботи рятувальників потрібно забезпечити їм вільний доступ до об'єкта та повідомити про наявність у приміщенні газових балонів, пального чи небезпечних хімічних речовин.

Ліквідація пожеж у період воєнного стану значно складніша, ніж у мирний час. Насамперед це зумовлено постійною загрозою для рятувальників. У деяких випадках підрозділи ДСНС можуть розпочати роботи лише після отримання дозволу від військових на вхід до небезпечної зони. Тому при надходженні повідомлень про пожежі чи інші надзвичайні події, спричинені обстрілами, необхідно:

- забезпечити координацію з підрозділами Сил оборони України, в зоні відповідальності яких сталася подія;

- проводити безперервний контроль повітряної обстановки в регіоні за допомогою спеціалізованих автоматизованих систем;

- уточнювати інформацію щодо можливих повітряних загроз через військових представників;

- розглядати можливість залучення військових із переносними комплексами РЕБ для захисту особового складу від ворожих дронів, зокрема FPV.

Пріоритетним напрямом залишається забезпечення стабільного зв'язку. Відповідні центри підтримують безперебійну роботу інформаційно-комунікаційних систем оперативно-координаційних центрів і структурних підрозділів ДСНС. Це дозволяє гарантувати ефективне управління та прийом звернень від населення, установ і підприємств за номером «112», щодо загроз або виникнення надзвичайних ситуацій.

В підрозділах ДСНС впроваджено цифровий радіозв'язок, що забезпечує швидкий і захищений обмін інформацією. Усі підрозділи оснащені генераторами та резервними джерелами живлення. Якщо мобільний зв'язок відсутній, комунікація здійснюється через відомчу цифрову радіомережу, інтернет із використанням систем супутникового зв'язку «Starlink».

Функціонує Система управління силами та засобами цивільного захисту (СУСЗЦЗ), яка забезпечує координацію дій усіх залучених підрозділів.

Отже, пожежі в умовах війни становлять не лише технічну, а й значну гуманітарну загрозу. Їх гасіння – це складна, виснажлива й часто героїчна робота, що потребує чіткої взаємодії між ДСНС, військовими, органами влади та громадськістю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ ДСНС України № 375 від 02.04.2024р. « Рекомендації про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії».
2. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану : навч. посіб. / Лісняк А., Покалюк В., Григор'ян М., Костенко Т., Журбинський Д., Фомін А., Федоренко Д. та ін. – Львів, 2023.

УДК 614.841

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КЛЕМНИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ ПЕРЕВАНТАЖЕННІ

***Ярослав КАЛЬЧЕНКО**, д-р філософії,*
***Олена БОРСУК**, канд. техн. наук,*
***Віталій ДЯКІВ**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Аварійні та нестабільні режими роботи енергетичної системи України значно підвищують ризик виникнення пожеж на певних ділянках електричних мереж. Згідно з даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій, за 2025 року [1] було зафіксовано 10 154 пожежі, спричинених аварійними режимами роботи електромереж і приладів, порушенням правил пожежної безпеки при влашфтуванні та експлуатації електроустановок.

Наведені дані обумовлюють необхідність вивчення небезпечних параметрів аварійних режимів роботи електричних мереж, з метою покращення рівня безпеки функціонування електроприладів, що є невід'ємним елементом забезпечення належних умов життєдіяльності людей.

В умовах аварійних режимів роботи електричних мереж найбільш вразливими є місця з'єднань провідників. Саме в цих зонах можуть утворюватися перехідні опори, для яких характерне інтенсивне виділення тепла. При перевантаженні електричної мережі сила струму може перевищувати номінальне значення у 1,5-2 рази, а в окремих випадках – і більше, що призводить до суттєвого зростання тепловиділення. Підвищення сили струму в місцях з'єднань провокує їх додатковий нагрів, який може перевищувати допустимі значення та спричинити виникнення пожежі.

Враховуючи вразливість з'єднань провідників, було проаналізовано існуючі сучасні методи з'єднань електричних мереж, серед яких найбільш поширеними є використання електричних з'єднувальних клем різних виробників та прийнято рішення дослідження теплофізичних параметрів при аварійних режимах роботи електричних мереж, що є актуальною проблемою в умовах нестабільності енергопостачання України.

Для проведення експериментальних досліджень були обрані найбільш вживані електричні з'єднання, різних виробників та різних моделей. Дослідження з визначення температури електричних з'єднань різних типів проводились для електричних струмів номіналом 21 А, 28,5 А, 38 А та 47,5 А, враховуючи характеристики виробів та можливість безпечно працювати відповідних клемних з'єднань за умов збільшення сили струму за номінальне значення у 1,5-2 рази. В дослідах вимірювалась

температура електричних з’єднань при дії на них різних струмів. Кількість випробувань для кожного електричного з’єднання при різних значеннях електричного струму становила по 4 випробування тривалістю 300 с [2].

Дослідженя проведено серед найбільш розповсюджених зразків: клемної колодки з’єднувальної з натискним важелем E.NEXT p0660204 (зразок 1), клеми WAGO прозорої на 1 провідник з важелем 22-2611V-W (зразок 2), клемної колодки EMT electronics 22-4201y (зразок 3), ковпачка СІЗ (зразок 4), клеми PROFIX 22-2612y (зразок 5), клеми WAGO прозорої на 2 провідники з важелем 22-1482y-W (зразок 6), клеми швидкого монтажу (зразок 7), клеми WAGO 221-413 (зразок 8).

У результаті проведеного дослідження були отримані залежності температури електричних з’єднань різних типів від поданого електричного струму, у діапазоні від 21 А до 47,5 А протягом 300 с або до моменту зупинки нагріву чи настання деформації (плавлення) [2].

За результатами випробувань зразків 1,3,4 встановлено деформацію (рис.1), що проявлялась плавленням та утворенням диму. Як висновок можна сказати що клемні колодки – зразків 1,3,4 в умовах перевантаження є небезпечними та можуть створити умови для виникнення пожежі.

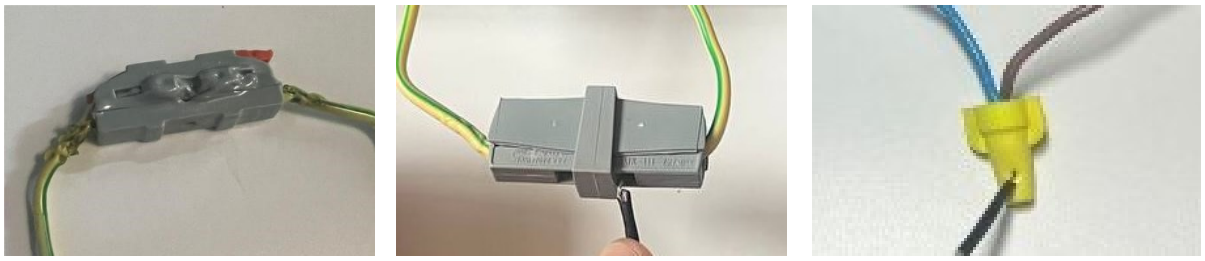


Рисунок 1 – Деформація зразків 1, 3, 4

Температура корпусів зразків 2,5,6,8 під час досліджень досягнула 113 °С, 166 °С, 156 °С та 95 °С відповідно та подальше їх нагрівання зупинилось.

Зразок 7 за час експерименту досяг стабілізації температури при 62 °С, однак через нагрівання його матеріал розм’як та легко міг деформуватись при контакті з іншими предметами.

Виходячи з отриманих даних можна стверджувати, що при аварійних режимах роботи електричних мереж із несправним апаратом захисту деякі види електричних з’єднань можуть стати причиною пожежі. З результатів випробувань визначено, що клема EMT electronics 22-4201y, клемна колодка E.NEXT та ковпачки СІЗ при перевантаженні деформувались, виділяли дим, відбувалось плавлення і руйнування корпусу, що при подальшому їх застосуванні в такому режимі могло стати джерелом займання. Найменшу температуру нагрівання показали електричні з’єднання виконані методом зварювання та пайки у яких при підвищенні

струму в 2,5 рази більше за номінальну викликало підвищення температури всього до 62 °С. Також відносно добре себе показали клемні з'єднання компанії WAGO, які нормально витримували проходження через них електричного струму більше номінального.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили важливість правильного вибору клемних колодок, що відповідають вимогам пожежної безпеки, як одного з ключових чинників запобігання пожежам та забезпечення надійності роботи електроустановок при аварійному режимі роботи – перевантаженні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2025 року https://dsns.gov.ua/upload/2/5/5/1/7/8/2/analiticna-dovidka-pro-pozezi-2025.pdf
2. ДСТУ EN 60947-7-1:2017 Апаратура комутаційна та апаратура керування низьковольтна. Частина 7-1. Допоміжне обладнання. Клемники для мідних провідників (EN 60947-7-1:2009, IDT; IEC 60947-7-1:2009, IDT).

УДК 614.8

КРИТЕРІЇ ВТРАТИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

***Роман ПУРДЕНКО**, PhD,*
***Юрій ОТРОШ**, д-р техн. наук, проф.*
Національний університет цивільного захисту України

В умовах воєнного стану зростає ризик пошкодження будівель та споруд унаслідок вибуху та подальшого розвитку пожеж. Сталеві каркасні системи, які широко застосовуються в будівництві, характеризуються високою несучою здатністю та можливістю швидкого зведення, однак є вразливими до імпульсних динамічних навантажень та температурного впливу [1].

Сучасні наукові дослідження зосереджені на вивченні механізмів пошкодження сталевих конструкцій під впливом високих температур. У роботі [2] проаналізовано ефективність вогнезахисних покриттів, які сповільнюють нагрів сталевих конструкцій та збільшують час досягнення критичних температур, сприяючи збереженню загальної стійкості каркасних систем. У досліджені [3] запропоновано методику обґрунтування критичної температури сталі з урахуванням реальних режимів розвитку пожежі, що дозволяє підвищити точність інженерних розрахунків та оптимізувати вогнезахист.

Дослідниками [4] досліджено взаємодію системи «ґрунт – фундамент – будівля» за умов сумісної дії силових та температурних навантажень.

Встановлено, що врахування просторової роботи конструкції та нелінійних ефектів істотно підвищує достовірність оцінювання її стійкості та надійності.

Слід зазначити, що вибухове навантаження має короткочасний імпульсний характер та може бути описане часовою залежністю надлишкового тиску:

$$p(t) = p_{max} \cdot exp(-\alpha t), \quad (1)$$

де p_{max} – максимальний надлишковий тиск вибухової хвилі, $\propto$ – коефіцієнт затухання, t – час дії імпульсу. Імпульс вибуху визначається:

$$I = \int_0^{t_d} p(t)dt, \quad (2)$$

де t_d – тривалість фази позитивного тиску. Динамічна реакція елементів каркаса оцінюється на основі рівняння руху:

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = F(t), \quad (3)$$

де M, C, K – матриці мас (описує, як маса елементів розподілена по конструкції), демпфування (враховує втрати енергії через тертя, внутрішнє гальмування або опір матеріалу) та жорсткості (описує, наскільки конструкція опирається деформації), $u(t)$ – вектор переміщень, $F(t)$ – вектор динамічного навантаження.

Основними критеріями втрати несучої здатності на цьому етапі є перевищення допустимих пластичних деформацій:

$$\varepsilon_{pl} \geq \varepsilon_{pl}^{cr}, \quad (4)$$

Руйнування з'єднань при:

$$N_{ed} \geq N_{Rd}, M_{ed} \geq M_{Rd}, \quad (5)$$

де N_{ed}, M_{ed} – фактичні осьові зусилля та згинальні моменти, що діють на елементи конструкції під час експлуатації або надзвичайних впливів, а N_{Rd}, M_r – відповідно допустимі осьові зусилля та згинальні моменти, які елемент може витримати без втрати несучої здатності.

Локальна втрата стійкості елементів:

$$\sigma_{max} \geq \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{l_e}{i}\right)^2}, \quad (6)$$

де E – модуль пружності сталі, l_e – розрахункова довжина елемента, i – радіус інерції перерізу.

Подальший розвиток пожежі в зоні пошкодження супроводжується інтенсивним зростанням температури сталі, що спричиняє деградацію її механічних властивостей. Зниження модуля пружності та межі текучості враховується через температурні коефіцієнти:

$$E(T) = k_E(T) \cdot E_0, f_y(T) = k_y(T) \cdot f_{y0}, \quad (7)$$

де $k_E(T), k_y(T) \in (0,1)$ – редукційні коефіцієнти, що залежать від температури T. Несуча здатність елементів при пожежі визначається як:

$$N_{Rd,f_i} = A \cdot f_y(T), \quad (8)$$

де A – площа поперечного перерізу.

Критеріями граничного стану при температурному впливі є:

$$\frac{u_{max}}{l} \leq \left(\frac{u}{l}\right)_{lim},\ T \geq T_{cr},\ \varepsilon \geq \varepsilon_{cr}, \quad (9)$$

де u_{max} – максимальний прогин, l – проліт елемента, T_{cr} – критична температура втрати стійкості.

Синергетичний ефект вибуху та пожежі враховується через інтегральний критерій стійкості:

$$\Psi = \sum_{i=1}^{n} w_i \frac{X_i}{X_{i,cr}}, \quad (10)$$

де $X_i \in \{\sigma, \varepsilon, u, T, D\}$ – поточні значення напружень, деформацій, переміщень, температури та пошкодженості, $X_{i,cr}$ – їх граничні значення, w_i – вагові коефіцієнти значущості, $\sum w_i = 1$.

Умова втрати несучої здатності конструктивної системи має вигляд:

$$\Psi \geq 1, \quad (11)$$

Таким чином, втрата несучої здатності та стійкості сталевих конструкцій в умовах дії вибухових навантажень та пожежі зумовлена взаємодією динамічних, температурних та конструктивних чинників. Вибухові навантаження призводять до локальної втрати жорсткості, порушення роботи вузлів з'єднання та зменшення резерву міцності, що підвищує вразливість каркаса до подальшого температурного впливу. Зростання температури сталі спричиняє швидку деградацію її механічних властивостей, різке збільшення деформацій та розвиток механізмів загальної втрати стійкості. Сумісна дія вибуху та пожежі прискорює формування граничних станів і створює передумови для прогресуючого руйнування [4, 5].

До критеріїв втрати несучої здатності належать перевищення допустимих деформацій, локальна втрата жорсткості та стійкості елементів, руйнування вузлів з'єднання та формування альтернативних шляхів передачі зусиль із перевантаженням суміжних елементів. Критеріями втрати стійкості є досягнення критичних прогинів, швидке наростання пластичних деформацій і досягнення критичних температур сталевих елементів. Врахування цих показників дозволяє оцінювати ступінь деградації конструктивної системи та прогнозувати момент втрати її несучої здатності, що є основою для розроблення заходів підсилення та підвищення живучості сталевого каркаса.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тараненко І. С., Рашкевич Н. В. Небезпечні чинники впливу на сталеві конструкції. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Харків: НУЦЗ України, 2024 р. С. 105.
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. Проблеми надзвичайних ситуацій № 1(37). 2023. С. 282–292.

3. Ковальов А., Тригуб В., Журбинський Д., Рашкевич Н., Юрченко С., Коломієць Д. Обґрунтування критичної температури сталі для проєктування вогнезахищених сталевих конструкцій. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація, Том 9 № 1 (2025). С. 67–75. https://doi.org/10.52363/2524-2636.2025.9.1.6
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. Майборода Р. І., Отрош Ю. А. Дослідження методики розрахунку стійкості до прогресуючого обвалення будівель внаслідок пожежі та вибуху. Комунальне господарство міст. 2025. № 3(191). С. 485–495. https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-485-495
6. Майборода Р. І., Отрош Ю. А. Програмна реалізація оцінювання стійкості будівель до прогресуючого обвалення. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2025. № 1(41). С. 177–193. http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25353

УДК 614.841

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

***Віталій НУЯНЗІН**, канд. техн. наук, доц.,*
***Сергій ВЕДУЛ**А, ст. викладач,*
***Вікторія НЕЗДОЙМІНОВА**, здобувач вищої освіти,*
***Артем ЧЕРНЮК**, здобувач вищої освіти,*
Національний університет цивільного захисту України

Ефективність гасіння пожеж безпосередньо залежить від властивостей вогнегасних речовин і механізмів їх взаємодії з поверхнями горіння твердих, рідких та газоподібних матеріалів. Особливо гостро проблематика проявляється під час експлуатації вогнегасних порошків (ВП) та піноутворювачів (ПУ), оскільки універсальної речовини, здатної забезпечити надійне припинення горіння у широкому спектрі пожежонебезпечних ситуацій, не існує. У зв’язку з цим актуальним є вдосконалення складів, забезпечення їх стабільності та адаптованості до сучасних умов експлуатації.

Встановлено, що піноутворювачі значно відрізняються за ефективністю залежно від типу горючої рідини. Зокрема, для полярних і неполярних середовищ потрібні різні технологічні рішення – білкові, фторпротеїнові, синтетичні або спиртостійкі ПУ. Однією з ключових проблем залишається деградація ПУ під час зберігання, зумовлена корозійними процесами та мікробіологічним руйнуванням білкових компонентів, що погіршує якість піни й обмежує термін придатності. Не менш важливим є формування на поверхні горючої рідини стійкої ізоляційної плівки, яка блокує доступ кисню та інтенсивність випаровування компонентів пального, особливо при роботі з полярними

рідинами. Проте створення високоефективних універсальних ПУ супроводжується здорожчанням рецептур, що спонукає багато об'єктів застосовувати дешевші, але менш ефективні склади, знижуючи загальний рівень пожежного захисту.

Патентний аналіз (2005–2022 рр.) показує, що розвиток ПУ відбувається еволюційно, без принципово нових технологічних рішень. Попри це, сучасні екологічні вимоги роблять актуальною повну відмову від фторованих поверхнево-активних речовин, що визначає нові підходи до формування рецептур.

Щодо вогнегасних порошків, то ключовою науковою проблемою є їх хімічна нестабільність. Порошки на основі амонійфосфатів та гідрокарбонатів мають схильність до злежування, агломерації, утворення грудок і втрати сипучості, що ускладнює подавання та зменшує інгібувальну активність. За високих температур складові на основі ФАС та ССК руйнуються, що призводить до зниження швидкості гасіння та втрати хімічної активності.

Крім того, різні типи ВП (АВС, ВС, Д, спеціальні композиції) мають специфічні механізми дії – ізоляція, розбавлення, інгібування – і не можуть бути взаємозамінними без істотної втрати ефективності. Під час гасіння змішаних горючих середовищ (наприклад, дизельного та біодизельного пального) спостерігається суттєва чутливість результатів до хімічного складу ВП, що підтверджує необхідність створення спеціалізованих або комбінованих порошкових систем.

Окремої уваги потребує проблема методології випробувань. Наявні методики не завжди відтворюють реальні умови розвитку пожежі, що ускладнює прогнозування ефективності засобів на практиці. Недостатня стандартизація оцінки інгібувальної здатності та невідповідність моделей переносу тепла й маси фактичним фізико-хімічним процесам у зоні горіння потребують наукового удосконалення. Саме тому у дослідженнях особлива увага приділяється створенню робочих методик визначення вогнегасної здатності, корозійної активності та ефективності гасіння модельних пожеж, що відображено у нормативних документах і технічних умовах, розроблених у рамках НДР

Перспективними напрямками розвитку ВП визначено створення порошків з каталізаторами ендотермічних реакцій, використання фторидів металів для гасіння пожеж класу D, а також комбінованих порошків, призначених для локального гасіння у складних умовах. Розвиток гібридних технологій гасіння, що поєднують охолодження, інгібування та ізоляцію, відкриває можливості підвищення універсальності засобів, а квантово-хімічні розрахунки підтверджують потенціал точного підбору активних інгібіторів та оптимізації складів на молекулярному рівні.

Таким чином, наукова проблематика удосконалення вогнегасних порошків і піноутворювачів зводиться до необхідності забезпечення стабільності, універсальності, екологічної безпечності, високої

інгібувальної та ізоляційної ефективності, а також до вдосконалення методів стандартизованих випробувань. Подальший прогрес можливий лише за умов активного розвитку нових рецептур, гібридних технологій гасіння, розширення нормативної бази та поглиблених досліджень механізмів припинення горіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять
2. Вплив параметрів горіння деяких неполярних горючих рідин на ефективність їх гасіння піною низької та середньої кратності / Боровиков В.О., Козяр Н.М., Шеверєв Є.Ю та ін. // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. Львів, ЛДУБЖД, 2007, №10. – С. 202-212.
3. Огурцов С.Ю. Удосконалення методики розрахунку систем порошкового пожежогасіння. Автореферат дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук, Київ-2009.

УДК 614.8.084:631.8:656.073.434

РИЗИКИ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ АЗОТНИХ ДОБРИВ ПОБЛИЗУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

***Віталій НУЯНЗІН**, канд. техн. наук, доц.,*
***Сергій ВЕДУЛА,** ст. викладач,*
***Олександр ОНІЩУК**, здобувач вищої освіти,*
***Єгор ТУРБІН**, здобувач вищої освіти*
Національний університет цивільного захисту України

Якщо аналізувати параметри нітрату амонію як вибухонебезпечної речовини, то він має окисні властивості за рахунок наявності оксигенвмісних нітрат-іонів та може підтримувати горіння. Швидке нагрівання до 400–500 °С може спричинити самостійний вибух. Вибухонебезпечність даної речовини значно зростає у присутності мінеральних кислот, легкозаймистих органічних речовин у пилоподібному або рідкому стані та деяких металів. Цю властивість нітрату амонію використовують для створення потужних вибухових сумішей для технологічних потреб [5]: ігданіти – з дизельним паливом, амоніти – з тринітротолуолом та іншими добавками; амонали – з алюмінієвою пудрою тощо.

Ендотермічне розкладання нітрату амонію починається за температур близько 100 оС [2, 6, 7]: $NH_4NO_3 = HNO_3 + NH_3$, але помітною ця реакція стає, починаючи зі 150 оС; за температур близько 200°С реакція перетворюється на екзотермічну: $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$; за температур близько 300оС починається більш повне розкладання з інтенсифікацією виділення тепла: $2NH_4NO_3 = 2N_2 + O_2 + 4H_2O$; під час

детонації працює наступна схема: $8NH_4NO_3 = 2NO_2 + 4NO + 5N_2 + 16H_2O$.

У деяких країнах для запобігання створення саморобних вибухівок на основі даної речовини – обмежують її продаж або додають у суміш мелений карбонат кальцію. Ця добавка додатково знижує детонаційні властивості чистої аміачної селітри, які є невисокими. Крім того, селітра з вмістом вологи більше 3% не вибухає, тому найбільш надійним способом гасіння її пожежі є заливання великою кількістю води. Оскільки селітра має значний позитивний оксиген-баланс, то ізолювання піною впливає на її гасіння не більше, ніж змочування.

Чутливість аміачної селітри до детонації зростає зі збільшенням дисперсності, що можна пояснити збільшенням реакційної поверхні для взаємодії з киснем повітря та перегрупувань міжмолекулярних зв'язків між частинками [3]. Тому для створення вибухових речовин більше підходять дрібні пористі гранули, ніж монолітні (чутливість до ініціювання вибуху зростає у 5 разів), а для сільського господарства виробляють селітру з розміром частинок 2,5 – 3 мм. Але з часом та при переході між модифікаціями частинки можуть подрібнюватися, часто з утворенням голчастих кристалів, що збільшує вибухонебезпечність продукту (що ймовірно мало місце внаслідок тривалого зберігання перед інцидентом у Бейруті). При цьому селітра набуває борошноподібного стану. Найбільше цьому сприяє перехід кристалічної критичних наслідків селітра витримує до 5 циклів переходу через цю температуру. Руйнівним процесам допомогає зволоження, тому у селітру додають добавки для зв'язування вологи – нітрати Ca та Mg, міцність гранул у 20–100 разів підвищують фосфатно-сульфатні добавки, наприклад, суміші борної кислоти, діамонійфосфату та сульфату амонію [3]. Гарантійний термін зберігання селітри аграрного призначення за нормативних умов (зберігання за температури до 32 оС) становить 0,5 року.

Параметри аміачної селітри, як вибухової речовини [1, 3]: теоретична енергія вибуху – 1480 кДж/кг, фактична – 960 кДж/кг (внаслідок протікання деяких ендотермічних реакцій), що менше ніж в поширених вибухових речовин, наприклад, 5450 кДж/кг для гексогену; об'єм газоподібних продуктів вибуху становить 976 л/кг (що порівняно близько до інших вибухових речовин), температура вибуху – близько 1230°С; швидкість детонації – 1500– 3500 м/с (у більшості типових вибухових речовин – 5000–8000 м/с), оксиген-баланс – +19,99, чутливість до удару – немає до 50 Н·м, чутливість до тертя – немає до 353 Н. Швидкість детонації аміачної селітри значно змінюється від її: маси (тому моделювання вибуху відносно малих зарядів селітри не адекватно описує вибухи великих осередків зберігання), геометричних параметрів зберігання, розмірів окремих частинок, насипної щільності та вмісту вологи. На відміну від інших вибухових речовин більша вибухонебезпечність спостерігається за меншої насипної щільності –

800 кг/м3. Гарантоване ініціювання вибуху аміачної селітри відбувається, якщо відстань її модельного осередку зберігання від ініціюючого заряду вибухової речовини становить менше за 2 м. Для зразків селітри діаметром менше 0,5 м ініціювання вибуху майже не відбувається, навіть за великої маси (циліндричні зразки). У загальному випадку аміачна селітра не відноситься до вибухових речовин.

Аналізуючи відомі дані щодо вибухів аміачної селітри можна оцінити її питомий тротиловий еквівалент вибуху: для випадку Бейруту 1250/2750=0,45 (селітра для агропризначення, ініційована пожежею), за випадком у порту Техас-сіті 2700/2000=1,35 (технічна селітра можливо була з домішками, ініційована пожежею), за випадком в Оппау 1800/450=4 (монолітна селітра, ініційована вибухом). Останній тротиловий еквівалент викликає питання як завищений, оскільки серед поширених вибухових речовин цей параметр є найбільшим у гексогену – 1,55, що може говорити про більшу масу речовини, що прийняла участь у вибуху (більше ніж 450 кг).

Надлишковий тиск, що виникає при цьому в ударній хвилі, може призвести до руйнування будівель і технологічного обладнання, травм і загибелі людей. Ступінь руйнувань під час вибуху оцінюють за законом зменшення надлишкового тиску вибуху ΔP зі збільшенням відстані від осередку вибуху, для пароповітряної хмари користуються формулою (1) [8]:

$$\Delta P = P_o\left(0{,}8\frac{W_{тнт}^{0,33}}{r} + 3\frac{W_{тнт}^{0,66}}{r^2} + 5\frac{W_{тнт}}{r^3}\right), \text{кПа}, \qquad (1)$$

де Ро – атмосферний тиск, кПа; r – відстань до геометричного центру вибухової системи, м.

Залежно від надлишкового тиску радіус меж зон ураження від центру вибуху для парогазової хмари розраховують за формулою (2) [8]:

$$R_{ураж} = K_1 \cdot R_o = K_1 \frac{\sqrt[3]{W_{тнт}}}{\left[1+\left(\frac{3180}{W_{тнт}}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}}, \text{ м}, \qquad (2)$$

де K_1 – коефіцієнт рівня впливу вибуху, який відповідає певним значенням надлишкового тиску ΔР у фронті ударної хвилі, табл. 1.

Можливе хімічне зараження при витоку аміаку: В роботі змодельовано (див. рис. 1), на наш погляд, найгірший можливий варіант аварії з витоком 3000 т аміаку в порті міста Одеса. Найбільші масштаби аварії відбудуться при наступних умовах: Пора року – зима, пора доби – ніч, температура – 10 0С, погода – ясно або мінлива хмарність (ці умови впливають на стан атмосфери і розподіл повітряних мас), сила вітру – до 1 м/с, напрям вітру – обрано варіант на місто, як найнебезпечніший , якщо мова йде про ворожий вплив, то додається пожежа, як ускладнюючий фактор.

При даних умовах масштаби аварії складуть (рис. 1): Радіус аварії – (червоне коло, найбільш небезпечна зона) – 1,5 км; глибина зони хімічного

забруднення (довжина синього сектору, на яку поширюється забруднення при заданому напрямку вітру) – 38,42 км; площа прогнозованої зони хімічного забруднення (площа забрудненої території) – 491,97 км2; площа можливої зони хімічного забруднення (помаранчеве коло – площа можливого забруднення в разі зміни напрямку вітру) – 4634,94 км2, тривалість хімічного забруднення (збереження в повітрі небезпечної концентрації аміаку) – 1,4 доби.

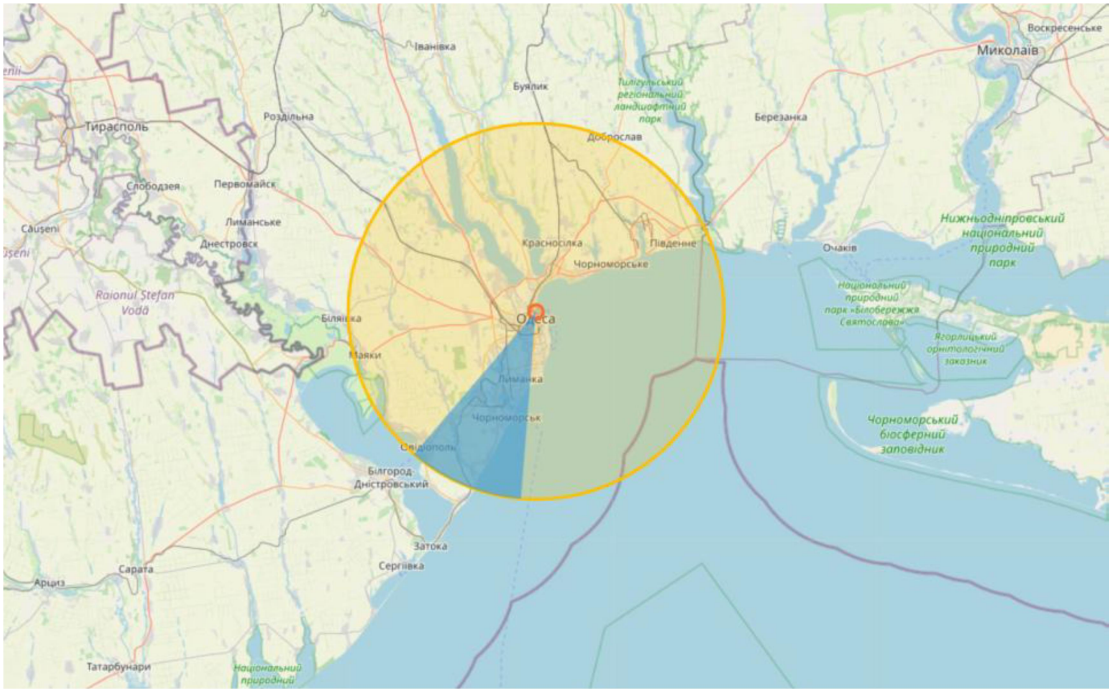


Рисунок 1 – Моделювання масштабів аварії з витоком 3000 т аміаку в Одеському порті

ЛІТЕРАТУРА

1. Meyer R., Köhler J., Homberg A. Explosives. Weinheim: Wiley-VCH, 2016. 442 p.
2. Поджарський М.А. Методичні вказівки до лабораторних та практичних занять за темою «Виробництво амонійної селітри». Дніпропетровськ: ДНУ, 2014. 21 с.
3. Гончаров О. Аміачна селітра: добре добриво з недоброю вдачею. Ч.2. AgroONE. 2020. №59(10). С. 10–15.
4. Цопа В.А., Чеберячко С.І., Дерюгін О.В., Сушко Н.С., Станіславчук О.В. Аналіз причин вибуху нітрату амонію в порту Бейрута. Вісник ЛДУБЖД. 2023. №27. С. 95–108.
5. Фатєєв В.М., Саламаха Ю.В., Пащенко В.І., Лінючев Г. В. Типи та характеристики вибухових речовин і піротехнічних сумішей, що використовуються правопорушниками в злочинних цілях. К.: РВВ МВС України, 1999. 136 с.
6. Гончаров О. Аміачна селітра: добре добриво з недоброю вдачею. Ч.1. AgroONE. 2020. №58(9). С. 10–13.
7. Купрін В.П. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар’єрах України. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2012. 243 с.
8. Трегубов Д.Г., Мінська Н.В., Гапон Ю.К., Тарахно О.В. Теорія процесів горіння, вибуху та пожежогасіння. Х.: НУЦЗ України, 2024. 416 с.

УДК 614.84:004.738

РОЛЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ В УПРАВЛІННІ РИЗИКАМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Олеся КОСТИРКА**, канд. техн. наук, доц.,*
***Денис РАДЄВ**, студент навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Системи автоматичного контролю та спостереження є одним із базових інструментів управління ризиками надзвичайних ситуацій у сучасних техногенно насичених умовах. Їх основне призначення полягає у безперервному зборі, передаванні та обробленні інформації про параметри стану об’єктів, процесів і середовищ, що можуть стати джерелами потенційної небезпеки. Завдяки застосуванню датчиків, вимірювальних перетворювачів, контролерів і програмних засобів аналізу такі системи формують об’єктивну інформаційну основу для оцінювання ризиків та прийняття управлінських рішень у сфері цивільного захисту. На відміну від епізодичного контролю, автоматизоване спостереження забезпечує цілодобовий режим роботи, що особливо важливо для об’єктів підвищеної небезпеки, де аварійні процеси можуть розвиватися стрімко й непередбачувано.

У контексті управління ризиками надзвичайних ситуацій системи автоматичного контролю виконують насамперед превентивну функцію. Вони дозволяють виявляти небезпечні відхилення параметрів ще на ранніх стадіях, коли негативні наслідки можуть бути локалізовані або повністю попереджені. Контроль концентрації горючих і токсичних газів, температурних режимів, тиску, вологості, рівнів електричних навантажень і механічних впливів дає змогу своєчасно ідентифікувати загрозу виникнення пожеж, вибухів, аварійних викидів або руйнувань конструкцій. Таким чином, автоматизовані системи перетворюють управління ризиками з реактивного, орієнтованого на ліквідацію наслідків, на проактивне, спрямоване на недопущення надзвичайної ситуації.

Важливою складовою ролі систем автоматичного контролю та спостереження є їх участь у процесі оцінювання рівня ризику. Накопичення масивів вимірювальних даних упродовж тривалого часу створює передумови для аналізу тенденцій, виявлення прихованих закономірностей та визначення критичних порогових значень параметрів. Це дозволяє переходити від формального контролю до науково обґрунтованого прогнозування розвитку небезпечних процесів. На основі результатів такого аналізу можуть коригуватися режими роботи обладнання, уточнюватися плани реагування, оптимізуватися ресурси сил

цивільного захисту, а також підвищуватися ефективність заходів зниження ризиків.

У системі управління надзвичайними ситуаціями автоматичний контроль тісно пов’язаний із підсистемами оповіщення та реагування. Сигнали, сформовані системами спостереження, слугують пусковим механізмом для автоматичного або напівавтоматичного запуску захисних алгоритмів, зокрема аварійного відключення обладнання, ввімкнення систем пожежогасіння, димовидалення, вентиляції або блокування небезпечних зон. Одночасно здійснюється передавання інформації відповідальним посадовим особам і черговим службам, що забезпечує скорочення часу реагування та підвищення керованості дій у кризовій ситуації. У цьому аспекті системи автоматичного контролю стають важливою ланкою між технічними засобами безпеки та органами управління цивільним захистом.

Особливого значення роль систем автоматичного контролю та спостереження набуває в умовах воєнного стану та підвищених загроз для критичної інфраструктури. Пошкодження об’єктів, перебої в енергопостачанні, обмежений доступ персоналу до небезпечних зон суттєво ускладнюють традиційні форми контролю. За таких умов автоматизовані системи забезпечують безперервність моніторингу навіть за мінімальної участі людини, знижуючи вплив людського фактора та ризик помилкових рішень. Вони також сприяють підвищенню стійкості управління, що є ключовим завданням у сфері національної та техногенної безпеки.

Системи автоматичного контролю та спостереження є невід’ємним елементом сучасної концепції управління ризиками надзвичайних ситуацій. Вони забезпечують раннє виявлення загроз, об’єктивну оцінку рівня ризику, підтримку прийняття управлінських рішень і оперативне реагування на небезпечні події. У сукупності це сприяє зменшенню ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, мінімізації їхніх наслідків і підвищенню загального рівня безпеки населення та територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васійчук В. О. Основи цивільного захисту : монографія / В. О. Васійчук, В. Є. Гончарук, С. І. Качан. – Київ : НАУ, 2022. – 420 с.
2. Харчук А. І. Системи раннього виявлення та оповіщення про надзвичайні ситуації / А. І. Харчук, О. В. Міллер, О. П. Підгурський // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. – 2024. – № 5. – С. 35–48.
3. ДБН В.2.5-76:2014. Автоматизовані системи раннього виявлення небезпечних подій на об’єктах підвищеної небезпеки та оповіщення людей про їх виникнення. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. – 28 с. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200403474810405979. – Дата звернення: 12.02.2026.

УДК 614.84:004.89

ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЯК СКЛАДОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

***Олеся КОСТИРКА**, канд. техн. наук, доц.,*
***Анна СВЯТЧЕНКО**, студентка навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасні системи цивільного захисту України стикаються з викликами зростання техногенних, природних та воєнних надзвичайних ситуацій (НС), які спричиняють значні соціально-економічні втрати й загрожують життю населення. За даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), у 2025 році кількість таких подій зросла через воєнні дії, кліматичні зміни та промислові аварії, з втратами на рівні мільярдів гривень щорічно. Ключ до мінімізації наслідків - своєчасне виявлення початкових ознак і оперативне інформування органів реагування [1]. Тому пріоритетним є розвиток інтелектуалізованих автоматизованих систем раннього виявлення НС: вони забезпечують безперервний моніторинг об’єктів і територій, аналізують багатофакторні дані (IoT-сенсори, супутникові знімки, соціальні мережі) та генерують попереджувальні управлінські рішення [4].

Традиційні системи пожежної сигналізації та техногенного контролю функціонують за пороговими принципами спрацювання датчиків, ігноруючи складну динаміку розвитку небезпечних процесів, взаємозв’язок параметрів середовища (температура, вологість, вітер, газовий склад) та вплив зовнішніх факторів, таких як артилерійські обстріли чи кібератаки. Це призводить до підвищеної імовірності хибних спрацювань (до 30% випадків), запізнілого виявлення небезпеки або недостатньої інформативності для прийняття рішень. У воєнних умовах ситуацію ускладнюють пошкодження інфраструктури, нестабільність енергоживлення, необхідність дистанційного моніторингу небезпечних зон за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та потреба інтеграції локальних систем у єдині регіональні підсистеми цивільного захисту ДСНС [2]. Державні будівельні норми ДБН В.2.5-76:2014 вимагають оснащення об’єктів підвищеної небезпеки автоматизованими системами раннього виявлення, однак традиційні рішення не відповідають сучасним безпековим викликам [1].

Інтелектуалізована система раннього виявлення НС розглядається як багаторівнева кіберфізична структура, що включає сенсорний рівень збору даних про параметри небезпечних факторів, комунікаційний рівень захищеної передачі інформації, аналітичний рівень інтелектуальної

обробки сигналів та рівень підтримки прийняття управлінських рішень. На сенсорному рівні застосовуються мережі IoT-пристроїв, камери високої роздільної здатності, газоаналізатори та датчики вібрації для безперервного моніторингу [2]. Комунікаційний рівень забезпечує передачу даних через технології 5G, LoRaWAN з енд-ту-енд шифруванням для стійкості до кіберзагроз. Аналітичний рівень використовує алгоритми розпізнавання аномальних станів (KNN, Random Forest, Isolation Forest), прогнозні моделі на базі глибокого навчання (LSTM-CNN з точністю F1-score до 0,92 та затримкою виявлення 5-10 с) та геоінформаційні системи (ГІС) для просторового оцінювання ризиків. Рівень підтримки рішень генерує автоматизовані рекомендації, інтегрується з системами оповіщення населення через мобільний додаток «Дія» [3], диспетчерськими центрами ДСНС та роботизованими засобами реагування.

Ефективність функціонування інтелектуалізованих систем визначається мінімізацією часу виявлення небезпечної події (з хвилин до секунд), підвищенням достовірності ідентифікації її ознак (до 95%), зниженням рівня хибних спрацювань (менше 5%) та забезпеченням стійкої роботи в умовах зовнішніх дестабілізувальних впливів, таких як відключення електроенергії чи фізичні пошкодження. Практичний приклад – автоматизована система моніторингу пожеж на базі БПЛА, розроблена в Житомирській політехніці для воєнних зон, яка дозволяє виявляти осередки займання на відстані до 10 км з точністю 90%. Важливою складовою є інтеграція з єдиною інформаційною системою захисних споруд ДСНС та безпілотними платформами для евакуації [3].

Наукова новизна запропонованого підходу полягає у розгляді систем раннього виявлення НС як інтелектуалізованих кіберфізичних платформ цивільного захисту, у яких поєднуються безперервний сенсорний моніторинг, алгоритмічне прогнозування розвитку небезпечних процесів на основі стрімких великих даних та автоматизована підтримка прийняття рішень. Запропонований підхід дозволяє перейти від реактивного принципу фіксації події до превентивного управління ризиками на основі аналізу динаміки змін контрольованих параметрів. Це створює передумови для підвищення ефективності функціонування територіальних підсистем цивільного захисту та зменшення масштабів наслідків НС на 50-70% [2].

Розвиток інтелектуалізованих систем раннього виявлення НС є ключовим напрямом підвищення ефективності цивільного захисту населення і територій в умовах сучасних безпекових викликів, включаючи воєнні дії та глобальні кліматичні зміни. Комплексне використання сенсорних мереж, інтелектуальної аналітики даних, прогнозних моделей машинного навчання та автоматизованих засобів оповіщення забезпечує скорочення часу реагування, підвищення достовірності оцінювання обстановки та зменшення ризику тяжких наслідків. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вдосконалення алгоритмів глибокого навчання для

розпізнавання аномалій у реальному часі, підвищення автономності систем за рахунок гібридних джерел живлення (сонячні панелі + акумулятори), розвиток нормативно-правової бази для їх впровадження у практику ДСНС та пілотні проєкти інтеграції з геоінформаційними платформами територіальних громад [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Зав'язна І. А. Application of machine learning models for early detection of emergency situations based on streaming big data / І. А. Зав'язна, О. В. Гарна // Системні технології. – 2025. – № 2(153). – С. 45–52. – Режим доступу: https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/2043. – Дата звернення: 10.02.2026.
2. Ружицький Л. П., Пасічник В. М. Кіберфізичні системи: проблеми створення та напрями розвитку // Вісник Львівської політехніки. Серія: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2017. – № 929. – С. 154–161. – Режим доступу: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/nov/6637/24-154-161.pdf. – Дата звернення: 10.02.2026.
3. Дубель М. В. Автоматизована система моніторингу пожеж на базі БПЛА для воєнних умов // Матеріали конференції Житомирської політехніки. – 2024. – С. 353–358. – Режим доступу: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/01/353.pdf. – Дата звернення: 10.02.2026.
4. ДБН В.2.5-76:2014. Автоматизовані системи раннього виявлення небезпечних подій на об'єктах підвищеної небезпеки та оповіщення людей про їх виникнення. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. – 28 с. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200403474810405979. – Дата звернення: 10.02.2026.

УДК 614.8

ПОЖЕЖНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ: ЕКСПЕРТНО-КРИМІНАЛІСТИЧНИЙ АСПЕКТ

***Сергій ДОРОШЕНКО**, завідувач сектору досліджень електричних та фізичних параметрів, обліків та статистики відділу вибухотехнічних досліджень та вибухотехнічних обліків вибухотехнічної лабораторії ДНДЕКЦ МВС, м. Київ, Україна*

***Маргарита САВЧУК**, судовий експерт сектору пожежотехнічних вибухотехнологічних досліджень та досліджень безпеки життєдіяльності відділу досліджень безпеки життєдіяльності та охорони праці вибухотехнічної лабораторії ДНДЕКЦ МВС, м. Київ, Україна*

Пожежна та техногенна безпека є ключовими складовими системи цивільного захисту та національної безпеки України. В умовах воєнного стану, підвищеного рівня техногенних ризиків та збільшення кількості

надзвичайних подій значення превентивних і експертно-аналітичних заходів істотно зростає. Надзвичайні ситуації техногенного характеру, зокрема пожежі, вибухи, аварії на енергетичних і промислових об'єктах, становлять реальну загрозу життю і здоров'ю населення, а також стабільному функціонуванню критичної інфраструктури.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, пожежна безпека визначається як стан захищеності людини, майна та довкілля від пожеж, а техногенна безпека – як відсутність неприпустимого ризику виникнення аварій і катастроф техногенного характеру. Нормативно-правове регулювання у цій сфері здійснюється також Правилами пожежної безпеки в Україні та державними будівельними нормами, що встановлюють обов'язкові вимоги до об'єктів різного призначення [2; 3].

Аналіз причин виникнення пожеж свідчить, що значна їх частина пов'язана з порушенням правил експлуатації електрообладнання, короткими замиканнями, перевантаженням електромереж, а також необережним поводженням із джерелами відкритого вогню. В умовах пошкодження енергетичної інфраструктури та використання автономних джерел живлення (генераторів, акумуляторних систем) ризик виникнення пожеж через електротехнічні фактори суттєво підвищується. Саме тому експертні дослідження електричних і фізичних параметрів мають важливе значення для встановлення причин пожеж та вибухів.

Техногенні аварії часто виникають унаслідок порушення технологічних процесів, зношеності обладнання, недотримання вимог охорони праці або навмисного втручання в роботу систем. Особливу небезпеку становлять об'єкти підвищеної небезпеки – хімічні підприємства, склади вибухових речовин, нафтобази, об'єкти енергетики. У таких випадках експертні дослідження дозволяють встановити механізм розвитку аварійної ситуації, визначити джерело ініціювання вибуху або займання та надати обґрунтовані висновки для слідчих органів [4].

Забезпечення пожежної безпеки передбачає комплекс організаційних і технічних заходів: проведення інструктажів, навчання персоналу, обладнання приміщень системами пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння, створення планів евакуації. Відповідно до ДБН В.1.1-7:2016, під час проєктування та експлуатації будівель необхідно забезпечувати обмеження поширення вогню, протидимний захист і безпечну евакуацію людей [3].

Важливим напрямом є формування культури безпеки, що включає усвідомлення персоналом відповідальності за дотримання вимог нормативних актів, систематичне підвищення кваліфікації та впровадження сучасних методів моніторингу ризиків. Ефективна система управління техногенною безпекою базується на принципах превентивності, комплексності та відповідальності керівництва [5].

Таблиця 1 – Основні причини пожеж і техногенних аварій та заходи їх попередження

Причина виникнення	Характер прояву	Основні заходи попередження
Недотримання вимог експлуатації електромереж	Коротке замикання, перегрів, перевантаження	Періодичні вимірювання електропараметрів, технічний огляд, заміна зношених елементів
Недотримання вимог технологічного процесу	Вибух, займання, витік небезпечних речовин	Контроль регламентів, автоматизовані системи моніторингу
Людський фактор	Недбалість, ігнорування інструкцій	Навчання, інструктажі, підвищення культури безпеки
Зношеність обладнання	Аварійна відмова систем	Планово-попереджувальні ремонти, технічна діагностика

У разі виникнення пожежі або техногенної аварії першочерговими заходами є оперативне інформування екстрених служб, евакуація людей, локалізація небезпечних факторів та збереження слідів події для проведення подальших експертних досліджень. Правильна фіксація обстановки місця події має важливе значення для встановлення причин та умов виникнення надзвичайної ситуації.

Таким чином, пожежна та техногенна безпека в сучасних умовах набуває особливого значення, а роль експертно-криміналістичних підрозділів у встановленні причин пожеж і вибухів є невід'ємною складовою забезпечення правопорядку та безпеки держави. Комплексний підхід, що поєднує профілактичні, організаційні, технічні та експертні заходи, дозволяє мінімізувати ризики та підвищити рівень захищеності населення і критичної інфраструктури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02 жовт. 2012 р. № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17 (дата звернення: 12.02.2026).
2. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30 груд. 2014 р. № 1417. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15 (дата звернення: 12.02.2026).
3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ : Мінрегіон України, 2016.
4. Лапін В. М. Основи цивільного захисту та техногенної безпеки : навч. посіб. Київ : Знання, 2017. 224 с.
5. Коваленко В. Л. Техногенна безпека підприємств : навч. посіб. Харків : Основа, 2018. 256 с.

УДК 614.833.2

ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИБУХУ НІТРАТУ АМОНІЮ ТА ЙОГО СУМІШЕЙ АГРОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

***Дмитро ТРЕГУБОВ**, д-р техн. наук, доц.,*
***Віталій НУЯНЗІН**, канд. техн. наук, доц.,*
***Єгор ТУРБІН**, курсант ННІ оперативно-рятувальних сил*
Національний університет цивільного захисту України

У народному господарстві застосовують багато речовин, про які відомо, що для них існує пожежо- та вибухонебезпека. Але є ще група речовин, про які відомо, що вони негорючі або вибухобезпечні, але за певних мов виникає вибух; наприклад, аміачна селітра (нітрат амонію) та її суміші агропризначення. Чинником її вибуховості є позитивний оксиген-баланс селітри [1]. Цю схильність підвищують: вибух потужного заряду, більша дисперсність, поруватість, злежування, дія пожежі, наявність органічних домішок або хлор-іонів, зміни IV на III кристалічну форми за перегріву >32,3 °С, контакт з суперфосфатом, піритом [2]. Ініціатором самоокиснення називають NO_2 – продукт розкладання селітри. Заборонено дробити селітру зарядами ВР і знаряддям, що може дати іскру [3].

Найвідоміші інциденти: 1916 р., Британія – самозаймання мішків з під селітри, вибух 200 т ТНТ, детонація 700 т селітри, загинуло 115 осіб; 1921 р., Оппау, Німеччина – певний час подрібнювали злежалу суміш сульфату амонію $(NH_4)_2SO_4$ і селітри 50/50 % малими вибухами, зміна технології виробництва на розпилення розчинів дало продукт з меншою вологістю (2, а не 4 %), більшою рихлістю та нерівномірним складом – до 55 % селітри в осередках, вибух для подрібнення ініціював вибух 1 % маси, що ініціювало вибух 10 % маси (450 т), загинула 561 особа; 1947 р., Техас-сіті, на кораблі зайнялися мішки з технічною селітрою, під час невдалого гасіння вибухнуло 2000 т, пожежа на кораблі поруч викликала ще один вибух, загинуло 567 осіб; 2007 р., Монклова, Мексика – пожежа після автоаварії, потім вибух; 2015 р., Тяньцзінь, Китай, самозаймання нітроцелюлози, невдале гасіння, не дуже потужний вибух викликав вибух 800 т селітри, загинуло 173 особи; 2020 р., порт Бейрута, Ліван, пожежа 2750 т аграрної селітри (у 10 разів перевищено строк безпечного зберігання), вибух, загинуло >200 осіб [1, 2, 4]. У 2011 р. в Осло, Норвегія, скоєно теракт вибухівкою з селітри та дизельного пального, загинуло 8 осіб; у 1995 р. в Оклахома-Сіті, США цю суміш з 2 т селітри використано для теракту, загинуло 168 осіб.

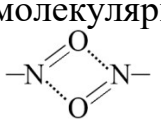
Нітрат амонію не відноситься до ВР, але можливо ініціювання вибуху куп розміром більших за 0,5 м – зарядом ВР ближче 2 м. У деяких країнах для запобігання створення саморобних ВР обмежують продаж селітри або реалізують у вигляді суміші з карбонатом кальцію або з

сульфатом заліза; зменшують вибуховість селітри різними добавками, грануляцією [5]. За вологості >3% вона не вибухає, тому її пожежі гасять водою. Але повністю зневоложена селітра більш безпечна бо не переходить з форми IV у III, яка більш схильна до вибуху. Вже слабке зволоження спричиняє руйнування кристалів селітри, для зв'язування вологи додають нітрати Ca та Mg. Міцність гранул підвищують у 20–100 разів фосфатно-сульфатні добавки [1]. Додавання 1 % доломіту зрушує точку переходу між формами IV і III з 32 до 55 ^{o}C, тоді за звичайних умов зберігання селітра залишається у формі IV. Запобігають розкладанню: карбамід, карбонати Ca і Mg, нітрат Mg (зв'язують продукти розкладання NH_4NO_3 – нітратну кислоту, NO_2). добавки проти гігроскопічності і злежування: нітрат Mg, сульфат амонію, бентоніти, глина, тальк, діатоміт, вермікуліт, опудрювання гранул. Але навіть опудрені гранули злежуються через проростання кристалів селітри.

Як більш безпечне добриво розроблено вапняково-амонійну селітру (ВАС) – суміш NH_4NO_3 і $CaCO_3$ (60–80/40–20 мас.%, гранули 1–5 мм) [5]. Суміші селітри за вмісту N < 26–28 % є вибухобезпечними; добавка 1 % $CaCO_3$ збільшує температури розкладання на 2,5 %, на 3 % зменшує теплові ефекти [5]. ВАС отримують змішуванням $CaCO_3$ з водним розчином селітри за t = 90–135 ^{o}C, випарюванням і грануляцією [3, 6], що безпечніше, ніж з плаву, або змішують гранули селітри і доломітового борошна. За ТУ – ВАС є вибухобезпечною [6]; це тому, що $CaCO_3$ зв'язує продукт розкладання – HNO_3; 20 % $CaCO_3$ нейтралізує 50 % селітри і далі не утворюється достатньо NO_2 для ініціювання ланцюгових процесів. Випадки вибухів ВАС невідомі, дозволено її перевезення всіма шляхами, крім повітряного [5]. Але з огляду на досвід для сумішей селітри з $(NH_4)_2SO_4$ є ймовірність вибуху і ВАС у разі порушення режимів виготовлення або перевезення: нерівномірне сумішоутворення (зменшений час змішування, недотримана дисперсність або температура плаву, використання селітри, що вже деградувала); негерметичність тари, підвищена вологість; недотримання температури зберігання; потрапляння ініціюючих домішок. Тим не менш, за нормативних вимог щодо виготовлення та перевезення – вибух ВАС за ініціювання потраплянням боєприпасу або внаслідок пожежі неможливий.

Оцінено питомий тротиловий еквівалент вибуху ($W_{тнт.пит}$, на одиницю маси) за аналізом інцидентів: у Бейруті – 1250/2750=0,45 кт/т, у Техас-сіті – 2700/2000=1,35 кт/т, в Оппау – 1800/450=4 кт/т. Останній виглядає як завищений (серед ВР $W_{тнт\ пит}$ більший в гексогену – 1,55), що може говорити або про більшу масу суміші, що вибухнула, або про інший механізм детонації (наприклад, додавання енергії розширення NH_3 за розкладання $(NH_4)_2SO_4$). Широкий діапазон $W_{тнт\ пит}$ можна пояснити різним вмістом домішок, маси речовини, ступенем деградації та видом ініціювання вибуху.

При вибуху 100 т ТНТ зона значних руйнувань ≈1 км. Для селітри часто є два вибухи: перший – в осередку, він у 10–20 разів слабший за другий – основної маси скупчення. Тоді для 3000 т агроселітри $W_{тнт} \approx 1{,}5$ кт, що дає зону суттєвих руйнувань – 3,1 км ($\Delta P = 14$ кПа), зону руйнувань 10 % скління вікон – 6,1 км ($\Delta P = 2$ кПа) [2]. Для 10000 т ВАС порушеного складу з коефіцієнтом участі 0,1 (за прикладом вибуху в Оппау) $W_{ТНТ} \approx 0{,}5$ кт, що дає зони суттєвих руйнувань 2,13 км, 10% скління – 4,25 км.

Передбачаємо, що за ініціювання вибуху йде миттєве перегрупування надмолекулярної будови з кристалічної на димерну з формуванням містка  [7], що виконує роль, аналогічну нестійкій пероксидній групі [8], та може бути пов'язано з виділенням NO_2. Спочатку йде перегрупування у пероксидний кластер «-N-O···O-N-», потім у пероксидну сполуку «-N-O-O-N-» з миттєвим вибухом. Водночас, для селітри температура кипіння близька до температури плавлення: 169,6 та 235 °С; а в тридекану це -5,5 та 235,4 °С. Але молярна маса тридекану більша – 184 г/моль, тоді можна розглянути наявність у селітрі під час кипіння димерів з М = 160 г/моль.

Для більш повного аналізу властивостей амонійної селітри не вистачило розширених літературних даних стосовно критичних концентрацій сумішей з негорючими компонентами за схильністю до детонації у комплексі з деградацією будови селітри за час зберігання та у присутності різних концентрацій вологи. Аналіз таких даних дозволить уточнити отримані у роботі результати. Уточнення надмолекулярної будови селітри у момент ініціювання вибуху потребує проведення більш фундаментальних досліджень. Розвитком даного дослідження має стати уточнення надмолекулярної будови селітри у різних сумішах з формулюванням рекомендацій щодо свідомого керування її властивостями лише на підставі теоретичних уявлень з досягненням або стану гарантовано вибухобезпечного продукту, або з підвищенням вибухових властивостей.

Розроблені підходи створюють основу зменшення або усунення вибухонебезпечних властивостей, а також для прогнозування можливості та наслідків вибуху амонійної селітри або її агросумішей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаров О. Аміачна селітра: добре добриво з недоброю вдачею. AgroONE. 2020. №59(10). С. 10–15.
2. Трегубов Д. Г., Мінська Н. В., Гапон Ю. К., Тарахно О. В. Теорія процесів горіння, вибуху та пожежогасіння. Х.: НУЦЗ України, 2024. 416 с.
3. Guidance for sea transport of solid ammonium nitrate based fertilizers. Brussels, Belgium: Fertilizers Europe, 2024. 40 p.
4. Tsopa V., Cheberyachko S., Deryugin O., Sushko N., Stanislavchuk O. (2023). Analysis of the causes of the ammonium nitrate explosion in the port of Beirut. Bulletin of Lviv State University of Life Safety. 2023. №27. P. 95–108.

5. Reetz H Fertilizers and their Efficient Use. Paris, France: IFA, 2018. 114 p.
6. ТУ У 24.1-05607 824-041:2024. Вапняково-аміачна селітра (ВАС). Технічні умови. Мінекономіки. Рівно: ДП «Львівстанд.метр.», 2024. 39 с.
7. Tregubov D., Minska N., Slepuzhnikov E., Hapon Yu., Sokolov D. Substances explosive properties formation. Problems of Emergency Situations. 2022. №36. P. 41–53.
8. Tregubov D., Slepuzhnikov E., Chyrkina M., Maiboroda A. Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. Key Eng. Materials. 2023. V.952. P. 131–142.

УДК 355.58:37.091.3-056.2/.3

ІНКЛЮЗИВНИЙ ПІДХІД ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В ЗАКЛАДІ ОСВІТИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

***Світлана ЖИТНИК**, викладач циклової комісії соціальної роботи*
Полтавський фаховий коледж Університету «Україна»

З початком повномасштабного вторгнення одним із визначальних викликів стало забезпечення функціонування закладу освіти в умовах можливих надзвичайних ситуацій воєнного характеру. Повітряні тривоги, загроза ракетних ударів, виявлення вибухонебезпечних предметів стали реальністю, до якої освітня система була змушена адаптуватися. У зв’язку з цим зросла роль укриттів, систем оповіщення та чітко визначених алгоритмів дій. Важливо не лише розробити інструкції, а й забезпечити усвідомлення кожним учасником освітнього процесу своєї ролі у надзвичайній ситуації. Практика засвідчує, що організованість і відпрацьовані дії суттєво знижують ризик паніки та травмування.

Безпека закладу освіти починається з ефективного управління. Наявність планів евакуації, наказів, інструкцій та визначених відповідальних осіб є необхідною умовою, проте цього недостатньо. Нормативні документи мають систематично переглядатися, актуалізуватися відповідно до змін законодавства та реальних умов функціонування закладу.

Сучасне освітнє середовище насичене технічними засобами: комп’ютерними класами, мультимедійним обладнанням, серверами, зарядними пристроями. Це підвищує якість навчання, але водночас збільшує пожежне навантаження на будівлі. Додатковими ризиками є перевантаження електромереж, часті та тривалі відключення електроенергії, використання несправних подовжувачів, перегрів акумуляторів. У таких умовах особливого значення набувають сучасні системи пожежної сигналізації, регулярне технічне обслуговування електромереж та контроль за дотриманням правил експлуатації електроприладів.

Водночас жодна технічна система не буде ефективною без підготовленого персоналу. У критичній ситуації саме людський фактор визначає рівень організованості евакуації. Тривалий стрес, у якому перебувають здобувачі освіти та працівники, знижує концентрацію уваги та здатність швидко приймати рішення. Тому інструктажі доцільно поєднувати з елементами психологічної підготовки та формування культури безпечної поведінки.

Особливої уваги потребують заклади освіти, у яких навчаються здобувачі освіти з особливими освітніми потребами та ветерани військової служби. У таких умовах цивільний захист передбачає не лише визначення маршрутів евакуації, а й продуманий супровід, розподіл відповідальних осіб і регулярні тренування у спокійному режимі. Архітектурна доступність є невід'ємною складовою системи безпеки: безбар'єрний доступ до виходів, можливість швидкого відчинення дверей, відсутність фізичних перешкод.

Система оповіщення в інклюзивному закладі освіти повинна бути багатоканальною: звукові сигнали мають дублюватися світловими індикаторами, текстовими повідомленнями, піктограмами та простими інструкціями. Важливо, щоб сигнал про небезпеку був не лише поданий, а й зрозумілий кожному.

Перебування в укритті під час воєнних загроз може бути тривалим, що створює додаткові труднощі для осіб із порушеннями опорно-рухового апарату або сенсорними особливостями. Укриття повинні бути технічно придатними та доступними: передбачати місця для розміщення крісел колісних, достатній простір для пересування, належне освітлення та вентиляцію.

Ефективним підходом є розроблення індивідуальних планів дій для здобувачів освіти, які потребують додаткової підтримки. У таких планах визначаються особливості пересування, маршрут евакуації та відповідальні особи. Це дозволяє мінімізувати ризики та забезпечити оперативність реагування.

Таким чином, сучасна система цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки й охорони праці в закладі освіти має бути комплексною. Вона поєднує технічні рішення, ефективне управління, системне навчання персоналу, психологічну підтримку та інклюзивний підхід. Головним завданням є формування культури безпеки, за якої кожен учасник освітнього процесу усвідомлює відповідальність за збереження життя і здоров'я. Адже навчальний заклад майбутнього – це не лише простір знань, а й простір захищеності.

УДК 614. 841

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНО АКТИВНОГО РЕАГЕНТУ З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯ

***Денис КОЛЕСНІКОВ**, канд. техн. наук, доц.,*
***Ілля ОЧЕРЕТЯНИЙ, Михайло СУЧКОВ, Валерій ЛОБАС**, здобувачі вищої освіти інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Серед енергозберігаючих заходів, що розглядаються сьогодні для систем водопостачання, переважають рекомендації щодо зменшення кількості аварій та втрат води при її транспортуванні, збільшення строків експлуатації трубопроводів чи суттєва зміна їхньої конструкції, технічного переоснащення енергоємного і існуючого технологічного устаткування, впровадження новітніх технічних рішень і прогресивних технологій очищення, у тому числі знезараження води тощо. З огляду на вимоги системного підходу, вирішення задач підвищення енергетичної ефективності має бути спрямоване як на досягнення економічної ефективності, так і на зменшення впливу енергозберігаючих технологій на довкілля.

Одним із підходів щодо мінімізації складності умов транспортування води внаслідок зменшення корозії і розвитку біообростань у мережі трубопроводів розглядають використання гідродинамічно активних речовин у потоках води, що дозволяє, як свідчать дані літератури, змінити гідравлічний опір і швидкість транспортування води у системах водопостачання, збільшити строки експлуатації трубопроводів [1,2]. Адже скорочення внутрішнього перетину труб через розвиток корозії та біообростань може ініціювати суттєве зростання енергетичних затрат на транспортування води водопровідною мережею та збільшення вартості води для її споживачів. Тому дослідження, спрямовані на удосконалення технології водопостачання із застосуванням гідродинамічно активної речовини, зокрема представника гуанідинових полімерів – полігексаметиленгуанідину гідрохлориду (ПГМГ-гх), та його впливу на довкілля і можливість енергозаощадження, вважаємо актуальними і своєчасними.

Дослідження проводили в два етапи.

На першому етапі визначали зміни витрати води та водних розчинів ПГМГ-гх при постійному значенні тиску в рукавній лінії та різних концентраціях полімеру у воді. Величину тиску визначали манометрами.

На другому етапі досліджували зміни витрати води та водних розчинів ПГМГ-гх при різних значеннях тиску в рукавній лінії (рис. 1).



Рисунок 1 – Рукавна лінія L - 140м

Отримані результати експериментальних досліджень дозволяють зробити досить обережні припущення щодо можливості промислового використання реагентів на основі ПГМГ-гх для оброблення води, при якому може бути досягнута економія (~10-11%) витрат електроенергії на перекачування і транспортування води. Такі припущення, на нашу думку, дозволяють зробити: 1 вибрана модель для проведення досліджень, а саме – пожежні рукава, при експлуатації яких, як зазначено у аналізі інформаційних джерел, спостерігаються ті самі явища, що властиві звичайним трубопроводам, а саме - втрати напору по довжині, гідроудари тощо, а також (2) дані літератури і власних досліджень, також наведені у аналізі інформаційних джерел, щодо позитивного впливу ПГМГ-гх на стан поверхні трубопроводів, оскільки в процесі експлуатації труб відбуваються їх корозія та біообростання, мінімізації котрих на трубах з різних матеріалів сприяє використання ПГМГ-гх.

ЛІТЕРАТУРА

1. Maglyovana, T. Improving the efficiency of water fire extinguishing systems operation by using guanidine polymers. T. Maglyovana, T. Nyzhnyk, S. Stas, D. Kolesnikov, T. Strikalenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/10 (103) 2020, 20–25, DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.196881
2. Stas, S., Bychenko, A., Kolesnikov, D., Myhalenko, O., Pustovit, M., Myhalenko, K. and Horenko, L. (2023) “Determining the elongation of T-type pressure fire hoses based on full-scale experiments”, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(1(123), pp. 13–20. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279616

УДК 614.841

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧЕТНОСТІ ВНУТРІШНІХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ДО ВИНИКНЕНЯ ПОЖЕЖІ

***Сергій РУДАКОВ**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України*
***Ростислав ЧЕРЕПАХА**, старший викладач кафедри безпеки праці та навколишнього середовища НТУ "ХПІ"*

За даними статистики, електричні мережі є найбільш пожежонебезпечним типом електроустановок, оскільки вони становлять приблизно 65% всіх пожеж, пов'язаних з електроустаткуванням і електропристроями [1].

Електроустановки повинні відповідати вимогам чинних Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ), Правил техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів (ПТБ) та інших нормативно-технічної документів [2].

Низький рівень пожежної безпеки при експлуатації внутрішніх електричних мереж пояснюється декількома факторами: недостатнім технічним станом електричних мереж, які знаходяться в експлуатації, низькою якістю електроприладів і їх невідповідністю стандартам безпеки, відсутністю ефективних служб контролю за безпечною експлуатацією електроустановок, нестачею дотримання правил пожежної безпеки при використанні побутової техніки та низькою ефективністю електричного захисту від аварійних режимів.

Один з основних факторів, який має значний вплив на рівень безпеки електричних мереж, - це стан електроізоляції. Основним показником, що сприяє її старінню та втраті ізоляційних властивостей, є підвищена температура. Процес теплового старіння електроізоляційних матеріалів є складним фізико-хімічним процесом і залежить від умов їх експлуатації. Це може призвести до зменшення механічної міцності матеріалу і, відповідно, до появи крихкості електроізоляційного матеріалу. Таким чином, термін безпечної експлуатації ізоляційного матеріалу може бути скороченим і, в значній мірі, залежить як від умов його використання, так і від умов навколишнього середовища, в якому він використовується.

Загальні вимоги щодо пожежної профілактики під час проектування і монтажу електричних мереж включають такі аспекти:

- електромережі повинні відповідати усім вимогам навколишнього середовища відповідно до призначення приміщення;

- зручна розстановка кабелів, що сприяє швидкому виявленню місця пожежі;

- встановлення захищених проводів (кабелів) з оболонками з негорючих матеріалів або відокремлення їх від горючих поверхонь з використанням негорючих матеріалів;

- запобігання проникненню пожежі через кабельні покриви, захищаючи їх розчинами або фарбами, що зменшують поширення полум'я по їх поверхні;

- належне виконання перетину електромереж з будівельними матеріалами, які горять, враховуючи всі вимоги;

- використання теплостійкої ізоляції для проводів та кабелів у місцях зі значними відмінностями температури, або зменшення струмових навантажень;

- зниження пожежної небезпеки контактних з'єднань шляхом правильного вибору гвинтових затискачів залежно від перерізу провідників [3].

На підставі існуючих методик визначення причин виникнення пожеж, переважна більшість висновків свідчить, що коротке замикання є основною причиною пожеж, хоча в деяких випадках пожежі походять від довготривалих перевантажень. Пошкодження ізоляції струмоведучих частин у процесі монтажу і експлуатації, викликані тепловим старінням ізоляційних матеріалів, перенапругою електромережі, механічними ушкодженнями, агресивним впливом навколишнього середовища, можуть також призвести до короткого замикання. Твердження про причетність тільки короткого замикання до виникнення пожеж є необґрунтованим, оскільки інші фактори також можуть впливати на безпеку електромереж.

Виявлено, що основною причиною пожеж від електричних мереж є коротке замикання, яке становить 42%. Проте аналіз режимів займання оздоблювальних матеріалів, проведений в лабораторних умовах, свідчить про те, що їх займання відбувається від нагрітих струмом провідників в режимі довготривалих перевантажень, а не від струмів короткого замикання, дія яких обмежується в часі апаратами захисту. Основним напрямком профілактики пожеж від електричних мереж є уникнення довготривалих перевантажень провідників внутрішніх електромереж житлових будівель.

Використані методи встановлення причетності внутрішніх електричних мереж базуються на аналізі обмежених ознак, тому необхідно проводити дослідження комплексно з використанням сучасних фізико-хімічних методів та технічних засобів, які дозволять їх реалізувати. Це допоможе зменшити обсяг досліджень і відкинути сумнівні версії щодо причин виникнення пожеж.

Метод виявлення причетності внутрішніх електромереж до виникнення пожежі має практичне застосування в різних сферах, особливо в електротехнічній і будівельній промисловості, а також у сфері пожежної безпеки. Нижче подано кілька прикладів його практичного використання:

1. Пожежна безпека будівель: метод може бути застосований для оцінки стану електричних мереж у будівлях та сприяти вдосконаленню систем пожежної безпеки. Аналіз мікроструктури провідників підвищує надійність виявлення потенційних загроз і ризиків, пов'язаних з перегрівом та короткими замиканнями.

2. Промисловість: в об'єктах промисловості, де велика кількість електричних мереж, важливо вчасно виявляти та усувати можливі дефекти, що можуть призвести до пожеж. Метод може бути використаний для регулярного моніторингу та попередження аварій.

3. Підвищення ефективності систем захисту: аналіз з метою виявлення причетності внутрішніх електромереж до виникнення пожежі дозволяє оптимізувати використання захисних апаратів. Це може включати підбір правильних автоматичних вимикачів, встановлення резервних джерел живлення та інших заходів з пожежної безпеки.

4. Профілактика та ремонт: результати аналізу мікроструктури провідників можуть служити орієнтиром для необхідних заходів з профілактики та ремонту електричних мереж. Це дозволяє виявити слабкі місця та ризики, пов'язані зі старінням матеріалів або неправильним монтажем.

5. Навчання та нормативне регулювання: метод може бути використаний для навчання фахівців у сфері пожежної безпеки та для розробки відповідних нормативних документів щодо безпеки електричних мереж.

Загалом, практичне застосування методу виявлення причетності внутрішніх електромереж до виникнення пожежі сприяє забезпеченню безпеки об'єктів, захисту майна та життя людей, а також зменшенню ризику пожеж та їх наслідків.

Таким чином:

1. Для вдосконалення методики проведення пожежно-технічного обстеження внутрішніх електричних мереж житлових будівель, пропонуються наступні додаткові критерії:

2. Розрізнення на освітлювальні та силові мережі: у новій методиці рекомендується враховувати розподіл мереж на освітлювальні та силові, що дозволить краще зрозуміти специфіку їх побудови та можливі ризики.

3. Використання сучасних матеріалів: нова методика має враховувати використання сучасних оздоблювальних та ізоляційних матеріалів, оскільки вони можуть впливати на розповсюдження пожежі та безпеку електричних мереж.

4. Застосування металографічного аналізу: для дослідження мікроструктур мідних провідників рекомендується використовувати метод металографічного аналізу, який дозволяє отримати кількісні значення елементів у провідниках та виявити зміни, що виникли під час пожежі.

5. Використання локального рентгеноспектрального аналізу: якщо результати мікроструктурного та рентгенофазового аналізу не є достатньо

доказовими, рекомендується застосувати метод локального рентгеноспектрального аналізу для отримання кількісних характеристик складу провідників.

6. Вибір взірців у незаражених місцях: при використанні локального рентгеноспектрального аналізу доцільно відбирати взірці провідників у місцях, які не контактували з полум'ям, що забезпечить більш точне визначення причини пожежі.

Ці додаткові критерії дозволять удосконалити методику проведення експертизи внутрішніх електричних мереж та забезпечити більш точне виявлення причин виникнення пожеж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналіз масиву карток обліку пожеж // Офіційний сайт УкрНДІЦЗ [Електронний ресурс]. Доступний з: http://undicz.mns.gov.ua/content/amkop.html
2. Правила улаштування електроустановок. Х: Видавництво «ІНДУСТРІЯ», 2014. 424 с.
3. H. H. Alhelou, M. Hamedani-Golshan, T. Njenda, and P. Siano, “A Survey on Power System Blackout and Cascading Events: Research Motivations and Challenges,” Energies, vol. 12, no. 4, pp. 1-28, 2019. https://doi.org/10.3390/en1204068

УДК 614.8:004.896

ЗАСТОСУВАННЯ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ У СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Марія ПОЗДНЯКОВА, Михайло ПУСТОВІТ, Кирило БАСЮРА,
курсанти навчально-наукового інституту оперативно-рятувальних сил
Національний університет цивільного захисту (м. Черкаси)

У сучасних умовах зростання кількості надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру, проблема забезпечення безпеки особового складу підрозділів цивільного захисту набуває особливої актуальності. Руйнування будівель і споруд унаслідок вибухів, пожеж, ракетних ударів або обвалів створюють складні, нестабільні та динамічні умови для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Особливу небезпеку під час виконання рятувальних заходів становлять вторинні обвали, повторні вибухи, загазованість, задимлення та наявність токсичних або радіоактивних речовин. Такі фактори значно ускладнюють роботу рятувальників і підвищують ризик отримання травм або загибелі особового складу.

Традиційні методи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій передбачають безпосередню участь людини у виконанні основної частини

робіт. Навіть за умови використання сучасних засобів індивідуального захисту повністю усунути професійні ризики неможливо, що зумовлює необхідність пошуку альтернативних, більш безпечних рішень.

Одним із перспективних напрямів підвищення рівня пожежної та техногенної безпеки є впровадження наземних роботизованих комплексів. Використання таких систем дозволяє мінімізувати участь людини у виконанні найбільш небезпечних операцій та забезпечити дистанційний контроль за перебігом аварійно-рятувальних робіт.

Наземні роботизовані комплекси являють собою мобільні технічні системи, здатні пересуватися по пересіченій місцевості, завалах або важкодоступних ділянках. Вони можуть працювати в дистанційному або напівавтономному режимі та оснащуватися широким спектром змінного обладнання [1].

До складу НРК можуть входити маніпулятори для захоплення і переміщення предметів, вантажні платформи, модулі для евакуації постраждалих, відеокамери, тепловізійні системи, газоаналізатори, дозиметри та інші сенсорні пристрої. Це забезпечує багатофункціональність і адаптивність роботизованих комплексів до різних умов надзвичайних ситуацій [1].

Під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій наземні роботизовані комплекси можуть застосовуватися для проведення первинної та повторної розвідки, оцінки інженерного стану будівель і споруд, виявлення осередків пожежі або витоків небезпечних речовин. Окрім розвідувальних функцій, НРК можуть виконувати логістичні завдання, зокрема доставку інструментів, засобів індивідуального захисту, медикаментів, води, пально-мастильних матеріалів та іншого обладнання безпосередньо у зону виконання робіт. Важливим напрямом застосування роботизованих комплексів є евакуація постраждалих із небезпечних зон. Використання спеціалізованих модулів дозволяє транспортувати потерпілих до безпечного місця без прямого контакту рятувальників з небезпечним середовищем.

Практичний інтерес для підрозділів ДСНС України становить безпілотний наземний роботизований комплекс логістичного призначення LUF Log. Даний комплекс розроблений для підтримки пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання завдань у складних та небезпечних умовах.

Аналіз тактико-технічних характеристик LUF Log свідчить про можливість його ефективного застосування у сценаріях евакуації постраждалих, доставки засобів першої необхідності, транспортування спеціального обладнання у зони хімічного або радіаційного зараження, а також логістичної підтримки тривалого пожежогасіння. Окремим сценарієм використання НРК є робота у завалах із ризиком вторинного обвалу. Роботизований комплекс може виконувати доставку або евакуацію

дрібних предметів, інструментів і уламків, зменшуючи час перебування рятувальників у зоні підвищеної небезпеки [2].

Разом із перевагами застосування наземних роботизованих комплексів існують і певні обмеження. До них належать обмежена вантажопідйомність, складність пересування у вузьких або нестійких проходах, залежність від стабільного зв'язку та електроживлення.

Не менш важливим є питання підготовки персоналу. Оператори наземних роботизованих комплексів повинні володіти не лише технічними навичками керування, а й розуміти специфіку аварійно-рятувальних робіт та можливі ризики.

Застосування роботизованих технологій має суттєвий позитивний вплив на безпеку праці рятувальників. Зменшення фізичного та психоемоційного навантаження сприяє підвищенню стійкості особового складу до дії екстремальних факторів.

Таким чином, впровадження наземних роботизованих комплексів у систему цивільного захисту є перспективним напрямом розвитку сучасних технологій безпеки. Подальше удосконалення нормативно-правового забезпечення та матеріально-технічної бази дозволить підвищити ефективність аварійно-рятувальних робіт і рівень захисту особового складу.

ЛІТЕРАТУРА

1. В.Б. Струтинський, А.М. Гуржій Наземні роботизовані комплекси. Монографія. – Житомир: ПП «Рута», 2023. –524 с.
2. LUF Ltd. [Електронний ресурс]: - Режим доступу: https://www.luf60.at/en/ (дата звернення: 17.02.26 р.)

УДК 69.05: 658.382

ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИСОТНИХ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Анатолій БЄЛІКОВ**, д-р техн. наук, проф.,*
***Володимир ШАЛОМОВ**, канд. техн. наук, доц.,*
***Владислав РУДЕНКО**, аспірант,*
кафедра охорони праці, цивільної та екологічної безпеки
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Український державний університет науки і технологій

Висотні аварійно-рятувальні роботи (ВАРР) є одним із найбільш складних і небезпечних напрямів діяльності оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України. Їх специфіка полягає у виконанні завдань в

умовах значної висоти, обмеженого простору для маневру, а також дії комплексу небезпечних і шкідливих чинників. До таких чинників належать нестабільність будівельних конструкцій, імовірність їх вторинного обвалення, сильний вітер, атмосферні опади, висока температура, задимлення, наявність токсичних та вибухонебезпечних речовин. Сукупна дія зазначених факторів значно ускладнює процес рятування та підвищує ризик травмування особового складу [1].

Особливу небезпеку під час проведення ВАРР становить необхідність одночасного виконання декількох складних операцій: евакуації постраждалих, переміщення рятувальників по вертикальних і похилих поверхнях, монтажу страхувальних і канатних систем, а також постійного контролю за станом конструкцій об'єкта. Навіть незначна помилка у виборі анкерної точки або неправильне використання засобів індивідуального захисту може призвести до падіння з висоти та тяжких наслідків. Тому забезпечення безпеки під час ВАРР повинно розглядатися як системний процес, а не як сукупність окремих технічних заходів [1].

Аналіз причин нещасних випадків під час виконання робіт на висоті свідчить, що значна їх частка зумовлена не лише фізичними небезпеками, а й організаційними чинниками. До них належать недостатня оцінка ризиків перед початком робіт, помилки у плануванні операції, брак актуальної інформації про технічний стан об'єкта, а також неналежна координація між підрозділами. Недостатня увага до організаційних аспектів призводить до перевантаження персоналу, неправильного розподілу ресурсів і зростання ймовірності аварійних ситуацій [2].

Важливим елементом безпеки ВАРР є попередня і поточна оцінка ризиків. Вона повинна включати аналіз конструктивної стійкості об'єкта, можливість вторинних обвалів, прогноз змін умов середовища (погіршення погоди, поширення пожежі), а також оцінку фізичного і психологічного стану рятувальників. Ігнорування хоча б одного з цих факторів значно підвищує ризик травматизму та знижує ефективність рятувальної операції [2].

Окремої уваги потребує питання використання канатних і страхувальних систем під час висотних аварійно-рятувальних робіт. Практика свідчить, що порушення вимог щодо організації анкерних точок, неправильне закріплення карабінів, перевантаження систем або застосування зношеного спорядження є одними з найпоширеніших причин падіння рятувальників з висоти. Тому суворе дотримання технологічних карт, регулярні інспекції спорядження та належний рівень спеціальної підготовки персоналу мають бути обов'язковими умовами виконання ВАРР [3].

Крім технічних і організаційних аспектів, важливу роль у забезпеченні безпеки відіграють психологічні чинники. Робота на висоті в умовах надзвичайної ситуації супроводжується високим рівнем стресу, фізичним і

емоційним виснаженням, а також необхідністю прийняття рішень у стислі терміни. Психологічна неготовність персоналу до роботи в таких умовах може призвести до помилок, зниження концентрації уваги та неадекватної оцінки ризиків. Тому система підготовки рятувальників повинна включати не лише технічне навчання, а й розвиток психологічної стійкості [4].

Запропонована інтегрована модель безпеки висотних аварійно-рятувальних робіт, подана на рис. 1, відображає системний підхід до забезпечення безпеки персоналу під час виконання завдань в умовах надзвичайних ситуацій.



Рисунок 1 – Інтегрована модель безпеки висотних аварійно-рятувальних робіт

Пояснення до схеми:

Оцінка ризиків є базовим елементом, що визначає вибір технічних і організаційних рішень.

Технічний компонент забезпечує фізичний захист рятувальників.

Організаційний компонент відповідає за управління процесом робіт.

Психологічний компонент забезпечує надійність людського фактору в екстремальних умовах.

Модель ґрунтується на попередній та поточній оцінці ризиків і поєднує технічний, організаційний та психологічний компоненти, які перебувають у тісній взаємодії між собою. Такий підхід дозволяє своєчасно ідентифікувати потенційні загрози, обґрунтовано обирати способи виконання робіт і засоби захисту, а також підвищувати надійність прийняття рішень рятувальниками в умовах дефіциту часу та підвищеного

стресу. Реалізація інтегрованої моделі безпеки сприяє зниженню рівня професійного ризику, мінімізації ймовірності нещасних випадків та підвищенню ефективності проведення висотних аварійно-рятувальних робіт.

Висновки. Узагальнення національного та міжнародного досвіду технічного рятування свідчить, що підвищення рівня безпеки висотних аварійно-рятувальних робіт можливе лише за умови впровадження інтегрованої моделі безпеки. Така модель повинна поєднувати технічні засоби захисту, організаційно-управлінські рішення, підготовку персоналу та урахування психологічних аспектів діяльності рятувальників. Комплексний підхід дозволяє знизити ризик травматизму, підвищити надійність виконання завдань і забезпечити ефективне реагування на надзвичайні ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Висотно-рятувальна підготовка. Виконання рятувальних робіт на висоті : навч. посіб. / Нац. ун-т цивільного захисту України. – Харків : НУЦЗУ, 2022.
2. Ярич Р. В. Аналіз ризиків та заходи з попередження нещасних випадків при виконанні висотних робіт : магістерська робота / Р. В. Ярич, Г. Ю. Огар. – Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2021.
3. Веселівський Р. М. Способи проведення рятувальних робіт при порятунку потерпілого, який завис на висоті / Р. М. Веселівський, Д. І. Смоляк // Вісник ЛДУБЖД. – 2020. – № 22.
4. Technical rescue handbook / National Park Service. – Washington, DC : U.S. Department of the Interior, 2014.

УДК 351

ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У РОБОТУ ЄДИНОЇ ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ЕФЕКТИВНОГО РЕАГУВАННЯ НА СУЧАСНІ ЗАГРОЗИ

***Юлія ПАНІМАШ**, канд. педагогічних наук, доц.,*
***Анна КАБАЦЬКА**, студентка ННІ пожежної безпеки техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України*

Єдина державна система цивільного захисту – сукупність органів управління, сил і засобів центральних та місцевих органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, виконавчих органів рад, підприємств, установ та організацій, які забезпечують реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту [1].

У зв’язку з повномасштабним вторгненням рф, загрози на території України набули безпрецедентного поширення та стали максимально

інноваційними. Тому система цивільного захисту має постійно вдосконалюватися. У цих умовах особливого значення набуває впровадження інноваційних технологій у роботу органів і підрозділів цивільного захисту, зокрема використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА, або дронів)

БПЛА здійснюють аерофотозйомку постраждалих районів, створюють цифрові карти та 3D-моделі зруйнованих об'єктів. У світі безпілотники застосовують для оцінки радіаційного, хімічного та біологічного забруднення, їх датчики виявляють токсичні речовини чи інші загрози на відстані. Дрони можуть бути використані як мобільні ретранслятори зв'язку у зонах, де зв'язок у традиційний спосіб ускладнений чи зруйнований. Це забезпечує безперервне інформування рятувальних підрозділів та обмін даними у режимі реального часу. Також БПЛА доставляють медикаменти, засоби першої допомоги та зв'язкове обладнання в ізольовані місця.

Дрони оснащуються камерами високої роздільної здатності, тепловізорами та газоаналізаторами, що дозволяє оперативно виявляти осередки пожеж, локалізувати підозрілі речовини і відстежувати активність ворожих дронів. Наприклад, на Чорнобильській АЕС під час ліквідації наслідків атаки використано БПЛА з тепловізорами для моніторингу ситуації та виявлення нових осередків тління. Це прямий приклад застосування безпілотників для контролю за загрозами. У пошуково-рятувальних операціях БПЛА з тепловізорами та приладами типу FINDER швидко сканують територію, фіксуючи ознаки життя людей під завалами або в екстремальних умовах. Такі системи дозволяють швидше знаходити постраждалих і зменшують ризики для рятувальників.

Дрони виконують розвідувальні та рятувальні завдання замість людей у небезпечних зонах. Вони можуть діставатися до руїн, затонулих об'єктів чи зруйнованих інфраструктур, не наражаючи людей на небезпеку. БПЛА здатні швидко охоплюють великі ділянки місцевості, працюють уночі та за поганої видимості завдяки тепловізорам і мультиспектральним камерам. На відміну від живої сили (собаки, рятувальники), дрони незалежні від умов (запаху, втоми) і можуть безперервно патрулювати десятки кілометрів.

БПЛА легко та швидко розгорнути, що особливо критично у перші хвилини після НС. Вони забезпечують миттєвий зворотний зв'язок (відеопотоки на пульт керівництва) і допомагають коригувати дії наземних груп. Сучасні безпілотники здатні передавати високоякісні фото/відео й телеметрію, що дозволяє отримати точну ситуаційну картину. Вони створюють докладні карти ушкоджень, що підтримують планування відновлення та евакуації. За даними статистики, застосування техніки (включаючи БПЛА) становить значну частку успіху при пошуку під завалами. У порівнянні з собаками дрони сканують набагато більшу площу

і знаходять людей у темряві або за товстими завалами без ризику для рятувальника.

Під час авіаудару по Запоріжжю 29 вересня 2024 р. безпілотники ДСНС допомогли шукати людей під завалами – їх застосування значно підвищило точність пошуку та зменшило небезпеку для рятувальників. Аналогічно, у лютому 2025 р. після удару по ЧАЕС БПЛА постійно контролювали осередки тління, що дозволило вчасно ідентифікувати загрози.

Під час воєнного стану повітряний простір України суворо контролюється, що ускладнює масове використання дронів цивільними. Для кожного польоту часто потрібен дозвіл військової адміністрації. Також БПЛА мають обмежену вантажопідйомність та час польоту (залежність від акумулятора). Габаритні вантажі (великі запаси води чи будівельні матеріали) доставити ними неможливо, їх робота може бути обмежена поганою погодою (вітер, дощ).

Необхідні заходи для захисту каналів управління дронами від перехвату, а також протидії ворожим БПЛА. Треба впровадити системи протидії (C-UAS) і навчити рятувальників правилам безпечного запуску дронів. Потрібно розробити спільні протоколи та програмне забезпечення для комплексного керування групами БПЛА в рамках ЄДСЦЗ. Без єдиної платформи координації важко забезпечити синхронну роботу авіації, безпілотників і наземних сил [2].

Підсумовуючи, можна сказати, що інтеграція безпілотників у діяльність ЄДСЦЗ відкриває нові можливості для швидкого реагування, моніторингу та мінімізації ризиків для рятувальників. БПЛА вже стали важливим інструментом збору оперативної інформації під час надзвичайних ситуацій. Подальший розвиток штучного інтелекту, автономних систем і мережевих дронів підвищить ефективність управління та точність аналізу даних. Важливими напрямами є підготовка пілотів дронів для потреб цивільного захисту та створення національних стандартів їх використання.

Досвід показує, що сучасні БПЛА суттєво посилюють можливості реагування на надзвичайні ситуації. За умови системного впровадження ці технології стануть ключовим елементом підвищення ефективності та безпеки Єдиної державної системи цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI // Верховна Рада України.
2. Мосов С.П. Безпілотники оцінюють збитки // *Пожежна та техногенна безпека.* – 2021. – № 7. – С. 22–24.

УДК 159.9

МОРАЛЬНА ТРАВМА У ДІЯЛЬНОСТІ РЯТУВАЛЬНИКІВ ТА ПСИХОЛОГІВ ДСНС УКРАЇНИ ЯК ЛАТЕНТНИЙ ЧИННИК ЗНИЖЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ СТІЙКОСТІ

Аліна КОЛОМОЄЦЬ, *викладач,*
кафедра психології діяльності в особливих умовах
Національний університет цивільного захисту України

Сучасні умови функціонування Державної служби України з надзвичайних ситуацій визначаються тривалою воєнною агресією, масованими обстрілами цивільної інфраструктури, численними людськими втратами та постійною загрозою повторних ударів під час проведення рятувальних операцій. Для рятувальників і психологів ДСНС екстремальність більше не є короткочасним епізодом – вона стала стійким професійним фоном. За таких умов професійна стійкість персоналу виступає ключовим фактором забезпечення безперервності реагування, якості допомоги та збереження організаційної надійності підрозділів. Проте поряд із очевидними психотравмувальними впливами існує менш помітний, але глибоко деструктивний феномен – моральна травма (moral injury), яка поступово і латентно підриває морально-смислові основи професійної діяльності.

Феномен моральної травми був концептуалізований у межах досліджень військового досвіду як стан внутрішнього руйнування моральних переконань унаслідок участі в подіях, що суперечать особистісній системі цінностей [1]. Йдеться не лише про переживання загрози життю, а про глибокий етичний конфлікт між професійним обов’язком і внутрішніми уявленнями про справедливість, добро та людяність. У таких ситуаціях виникають почуття провини, сорому, зради, втрати довіри до себе чи до світу [2]. Для рятувальників і психологів ДСНС, чия професійна ідентичність побудована на цінностях допомоги, захисту та підтримки, порушення цих моральних орієнтирів може мати особливо тяжкі наслідки.

У діяльності рятувальників моральні дилеми виникають у ситуаціях масових уражень, коли необхідно здійснювати пріоритезацію постраждалих відповідно до принципів triage. Формально це алгоритмізований процес, однак суб’єктивно – це рішення, пов’язане з розподілом шансів на виживання. Неможливість врятувати всіх, необхідність залишити частину постраждалих у небезпечній зоні через загрозу повторного обстрілу, робота з тілами загиблих дітей чи колег

формують глибокий внутрішній конфлікт між професійним обов'язком і особистісними моральними переконаннями. Повторюваність таких ситуацій створює ефект кумуляції – накопичення нерефлексованих переживань, що поступово трансформуються у моральне виснаження.

Психологи ДСНС перебувають у специфічній професійній позиції: вони є не лише спостерігачами, а й безпосередніми учасниками кризових подій. Їхня діяльність передбачає супровід гострих реакцій шоку, повідомлення про загибель близьких, підтримку осіб у стані глибокої дезорганізації. Водночас вони виконують функцію психологічного забезпечення самих рятувальників. У таких умовах формується феномен «подвійного навантаження» – поєднання вторинної травматизації з моральним дистресом. Останній виникає тоді, коли фахівець усвідомлює, що наявні ресурси, час або організаційні умови не дозволяють реалізувати повною мірою його професійні стандарти допомоги. За відсутності регулярної супервізії та професійної підтримки ці переживання можуть накопичуватися, формуючи глибоку смислову ерозію [3].

Латентний характер моральної травми проявляється у її поступовості та відсутності яскравих клінічних симптомів на початкових етапах. Фахівець продовжує виконувати службові обов'язки, однак внутрішньо відчуває зниження мотивації, втрату віри у значущість своєї роботи, емоційну «онімілість». Формується професійний цинізм як захисний механізм дистанціювання від болю. Згідно з екзистенційною концепцією В. Франкла, втрата сенсу діяльності є одним із найглибших проявів внутрішньої дезінтеграції особистості [3]. Саме смислова дезорганізація є центральним механізмом підриву професійної стійкості.

Професійна стійкість рятувальників та психологів ДСНС має багатокомпонентну структуру: емоційний (здатність до саморегуляції), когнітивний (адекватність оцінки ситуації), поведінковий (ефективність дій) та морально-смисловий (відчуття цінності й значущості служби) компоненти. Моральна травма безпосередньо вражає останній, поступово впливаючи на інші. Дослідження свідчать про зв'язок моральної травми з депресивними симптомами, тривожністю, агресивністю, зловживанням психоактивними речовинами та намірами залишити службу [4]. Для ДСНС це означає не лише індивідуальні втрати, а й ризик зниження кадрової стабільності та втрати інституційної пам'яті.

На організаційному рівні моральна травма може сприяти формуванню культури «емоційного замовчування», коли обговорення внутрішніх сумнівів або переживань сприймається як прояв слабкості. У таких умовах знижується командна згуртованість, зростає прихована напруга, погіршується взаємна підтримка. Поступове зменшення ініціативності та відповідальності за прийняття складних рішень може впливати на загальну

функціональну надійність підрозділів. Таким чином, моральна травма виступає системним, хоча й прихованим чинником дестабілізації.

Додатковим аспектом є вплив моральної травми на професійну ідентичність. Якщо рятувальник або психолог починає сприймати свою діяльність як джерело внутрішнього конфлікту, формується розрив між «я-професійним» і «я-особистісним». Це може супроводжуватися зниженням самооцінки, почуттям внутрішньої неспроможності, втратою довіри до професійних стандартів. У довгостроковій перспективі такий розрив послаблює мотиваційний потенціал служби.

Профілактика моральної травми має бути інтегрованою складовою системи психологічного забезпечення ДСНС. Доцільним є впровадження регулярних психологічних дебрифінгів, групових супервізій для психологів, навчання особового складу навичкам етичної рефлексії та саморегуляції, формування культури відкритого обговорення моральних дилем. Важливою є підготовка керівного складу до розпізнавання ознак морального дистресу та створення умов для безпечної психологічної підтримки [5]. Підтримання моральної цілісності має розглядатися як стратегічний ресурс професійної стійкості.

Отже, моральна травма у діяльності рятувальників та психологів ДСНС є складним, багаторівневим і латентним феноменом, що поступово підриває морально-смислові основи професійної стійкості. Її вплив поширюється на індивідуальний, міжособистісний та організаційний рівні, формуючи прихований дефіцит психологічного ресурсу. Усвідомлення цього феномену, розвиток програм профілактики та системної підтримки є необхідною умовою забезпечення довготривалої ефективності та психологічної надійності підрозділів ДСНС в умовах воєнного часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Litz B. T., Stein N., Delaney E. et al. Moral injury and moral repair in war veterans: A preliminary model and intervention strategy. *Clinical Psychology Review*. 2009. Vol. 29(8). P. 695–706.
2. Shay J. Achilles in Vietnam: Combat Trauma and the Undoing of Character. New York: Scribner, 1994.
3. Frankl V. E. Man’s Search for Meaning. Boston: Beacon Press, 2006.
4. Griffin B. J., Purcell N., Burkman K. et al. Moral injury: An integrative review. *Journal of Traumatic Stress*. 2019. Vol. 32(3). P. 350–362.
5. Nash W. P., Litz B. T. Moral injury: A mechanism for war-related psychological trauma in military family members. *Clinical Child and Family Psychology Review*. 2013. Vol. 16(4). P. 365–375.

УДК 504.064.3 : 53.082.77 : 539.1.08

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕВРАХОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

***Олександр ПИЛИПЕНКО**, канд. техн. наук, доц.,*
***Володимир ШАЛОМОВ**, канд. техн. наук, доц.,*
***Павло ТИМЧЕНКО**, аспірант*
Кафедра охорони праці, цивільної та екологічної безпеки
ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Український державний університет науки і технологій

Джерелами випадкової промислової чи техногенної радіоактивності зазвичай є матеріали, що застосовуються в медичних, наукових, експериментальних, промислових і ядерних установах. За відсутності належного контролю або у разі втрати, такі джерела іонізуючого випромінення становлять підвищену небезпеку для населення та навколишнього середовища. Їх своєчасне виявлення є критично важливим для захисту населення та довкілля.

Відповідно до рекомендацій Міжнародної комісії з радіологічного захисту [1, 2], регулюванню підлягають ті техногенно-підвищені джерела іонізуючого випромінювання, які дають найбільший внесок у сумарну ефективну дозу опромінення і величину яких людина може регулювати та коригувати (зменшувати). Це повною мірою відноситься до іонізуючих джерел будівельного виробництва.

Радіаційний контроль входить складовою частиною контролю якості будівельної продукції в Україні по забезпеченню надійності і санітарно-гігієнічних нормативів у житлових, промислових, адміністративних будинках і спорудах під час їхньої експлуатації та вимог до вишукувань на території, відведеної під будівництво чи території радіаційно-небезпечних об’єктів, таких як атомні електростанції та промислові майданчики з твердими та рідкими радіоактивними відходами.

Система радіаційного контролю як будівельного виробництва так і ядерних промислових об’єктів, включає комплекс взаємозалежних нормативних документів, виконання норм і правил яких забезпечують зниження до нормативних рівнів іонізуючих випромінювань природних та штучних радіонуклідів у побудованих об’єктах, джерелами яких є будівельні матеріали, вироби і конструкції, а також навколишнє середовище людини [3].

Неконтрольовані радіоактивні матеріали можуть спричиняти радіаційне ураження, зокрема онкологічні захворювання, ушкодження тканин і генетичні порушення. Потрапляння радіонуклідів у довкілля призводить до забруднення ґрунту, води й повітря, негативно впливає на екосистеми та сільськогосподарську продукцію [4].

Для виявлення розсіяних радіоактивних джерел застосовують портативні детектори, гамма-спектрометри, автоматизовані мережі радіаційного моніторингу та супутникові технології. Вони забезпечують вимірювання потужності дози, ідентифікацію радіонуклідів і картографування зон забруднення.

Раннє виявлення є ключовим для попередження та локалізації радіаційних загроз. Встановлення походження й відповідального власника джерела дає змогу запобігти повторним інцидентам.

Ефективність пошуку покинутих джерел визначається використанням сучасних технологій, функціонуванням систем моніторингу та міжвідомчою взаємодією, що дозволяє мінімізувати радіаційні ризики та забезпечити безпеку довкілля і населення.

Основні методи виявлення випадкових радіоактивних джерел:

Портативні детектори радіації – застосовуються для оперативного вимірювання потужності дози та сканування територій з метою виявлення підвищеного радіаційного фону.

Гамма-спектрометри – забезпечують спектральний аналіз ідентифікації радіонуклідів та оцінку їх активності.

Мережі радіаційного моніторингу – стаціонарні або мобільні системи безперервного контролю, що фіксують аномальні зміни радіаційного фону та сигналізують про можливу наявність сторонніх джерел.

Супутникові технології – використовуються для дистанційного моніторингу великих територій і виявлення ознак радіоактивного забруднення.

Біоіндикаційний моніторинг – аналіз впливу радіації на людей і тварин як непрямий показник наявності неконтрольованих джерел.

Розглянутий підхід є ефективним інструментом спостереження для виявлення потенційних радіаційних загроз. Поєднання кількох методів підвищує достовірність контролю та забезпечує оперативне реагування.

У міжнародних звітах фіксуються спроби незаконного придбання й використання радіоактивних матеріалів. За даними Міжнародного агентства з атомної енергії, зареєстровано понад 3000 інцидентів, пов’язаних із несанкціонованим обігом, крадіжками, втратами та незаконним продажем радіоактивних джерел.

Надзвичайні ситуації можливі внаслідок застосування пристроїв радіологічного розсіювання або навмисного чи випадкового розміщення джерел у громадських місцях. Тому їх своєчасне виявлення та локалізація є складовою системи національної та глобальної безпеки.

Пошук здійснюють із використанням детекторів, встановлених на повітряних і наземних мобільних платформах, а також портативних засобів радіаційного контролю [5].

Проблема виявлення та локалізації невідомого радіоактивного джерела за спектрами випромінювання або швидкістю рахунку досліджувалася різними авторами з використанням кількох підходів [6].

Базовим методом є трилатерація, за якої виміряна розподіленими детекторами швидкість рахунку використовується для оцінки відстані до

джерела. Модифіковані версії цього підходу застосовують для уточнення координат. Однак метод чутливий до похибок вимірювань, особливо за коротких інтервалів реєстрації, коли статистична невизначеність зростає.

Для підвищення точності застосовують метод максимальної правдоподібності, що визначає параметри джерела шляхом максимізації ймовірності спостережуваних відгуків детекторів у польових умовах.

11 березня 2011 року на АЕС Фукусіма-дайіті сталася аварія, спричинена цунамі після Великого східно-японського землетрусу. Внаслідок цього відбувся масштабний викид радіоактивних речовин. На об’єкті неодноразово застосовували гамма-сканери для виявлення та візуалізації «гарячих точок» – локальних зон підвищеної радіоактивності [7].

Проводилися дослідження поширення радіонуклідів, закріплених на забрудненому обладнанні, з метою моделювання їх поведінки під час аварій. У типових експериментах забруднений елемент (наприклад, трубу) переміщують у зону з регламентованим рівнем опромінення («зону низьких доз»), після чого дистанційно визначають розподіл активності за допомогою гамма-візора [8].

Для оцінки параметрів джерела в умовах вимірювальної невизначеності запропоновано методи на основі фільтрів частинок [9]. Вони реалізують послідовну байєсівську оцінку Монте-Карло, де стан системи (набір невідомих параметрів джерела) апроксимується множиною зважених частинок [10].

Для локалізації безхазяйних джерел застосовано байєсівський алгоритм із використанням детектора HPGe, встановленого на автомобільній платформі. Запропоновано послідовний метод Монте-Карло для виявлення, просторової локалізації та оцінки активності слабкого точкового гамма-джерела на основі експериментальних даних (рис. 1).

Радіоізотопний склад проб води, ґрунту та донних відкладень визначали методами ядерної спектрометрії.



Рисунок 1 – Наплічникова гамма-спектрометрична система

Висновки: Серед існуючих методів локалізації джерел іонізуючого випромінювання одним із найбільш ефективних і практично реалізованих є метод трилатерації. Його сутність полягає у використанні швидкості рахунку, виміряної просторово розподіленими детекторами, для оцінки відстані до джерела та визначення його координат.

Поєднання трилатерації з байєсівськими підходами та методами максимальної правдоподібності підвищує точність локалізації за умов вимірювальної невизначеності та змінного радіаційного фону.

Комплексне застосування детекторних мереж, мобільних платформ і сучасних алгоритмів обробки даних забезпечує оперативне виявлення, ідентифікацію та локалізацію неврахованих джерел випромінювання, що є важливою складовою системи радіаційної безпеки держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. ICRP. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP. 1991. Vol. 21, No. 1–3.
2. ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP. 2007. Vol. 37, No. 2–4.
3. Соколов І. А., Запрудін В. Ф., Бєліков А. С., Пилипенко О. В., Савицький М. В., Гупало О. С. Радонова безпека житлових будівель : підручник для студентів вищих навчальних закладів / за ред. І. А. Соколова. Дніпропетровськ, 2008.
4. ICRP. Radiation detriment calculation methodology. ICRP Publication 152. Annals of the ICRP. 2022. Vol. 51, No. 3.
5. Nilsson J. M. C., Ostlund K., Söderberg J. Tests of HPGe- and scintillation-based backpack γ-radiation survey systems. Journal of Environmental Radioactivity. 2014. Vol. 135. P. 54–62.
6. Hite J., Mattingly J. K., Archer D., Willis M. Localization of a radioactive source in an urban environment using Bayesian Metropolis methods. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 2019. Vol. 915. P. 82–93.
7. Sato Y. Radioactivity estimation of multiple radiation sources using a Compton camera to investigate radioactively contaminated objects. Applied Radiation and Isotopes. 2024. Vol. 203. P. 111083.
8. Sato Y. Identification of depth location of a radiation source by measurement from only one direction using a Compton camera. Applied Radiation and Isotopes. 2023. Vol. 195. P. 110739.
9. Candy J. V. Bayesian signal processing: classical, modern, and particle filtering methods. New Jersey : John Wiley & Sons, 2016. 30 p.
10. Пилипенко О. В., Железняк Г. С., Саньков П. М., Рибалка К. А., Тимофєєв В. В. Застосування методів дослідження для визначення та моделювання радіаційних параметрів на промислових майданчиках і хвостосховищах. Development of higher education: trends and prospects : Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference (Rotterdam, Netherlands, 2025). Rotterdam, 2025. P. 87–99. URL: https://isg-konf.com/development-of-higher-education-trends-and-prospects/

УДК 351.862

СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ДІЯЛЬНОСТІ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС

***Максим ДЕМЕНТ**, канд. пед. наук, доц.,*
доц. кафедри організації і проведення аварійно-рятувальних робіт
Національний університету цивільного захисту України
***Кіра БАКУШИНА**, курсантка навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний стан системи цивільного захисту України формується під впливом факторів реагування на надзвичайні ситуації в умовах підвищеної небезпеки та нестабільності оперативної обстановки. Діяльність підрозділів ДСНС все частіше відбувається в середовищі, де традиційні ризики пожежної та техногенної безпеки поєднуються з загрозами від збройної агресії, зокрема повторними обстрілами, руйнуваннями інфраструктури та мінною небезпекою.

Такі умови суттєво ускладнюють виконання завдань, оскільки аварійно-рятувальні роботи часто ведуться за неповної або динамічно змінної інформації, жорсткого дефіциту часу та підвищеного навантаження на особовий склад. При цьому небезпеки для рятувальників не обмежуються первинними чинниками надзвичайної ситуації, що вимагає постійної готовності до коригування тактики дій.

У цьому контексті особливого значення набуває здатність підрозділів ДСНС зберігати стійкість функціонування під час тривалих операцій. Вирішальним є не лише технічне оснащення чи наявність регламентів, а спроможність системи підтримувати керованість і безпечні умови діяльності в умовах критичних навантажень. Виконання завдань у зоні руйнувань або за наявності потенційних загроз актуалізує охорону праці як інструмент збереження працездатності та оперативної готовності підрозділів.

Зазначені умови зумовлюють необхідність розгляду організаційної стійкості підрозділів ДСНС як одного з ключових чинників ефективного та безпечного виконання службових завдань, оскільки саме рівень управління, взаємодії та ресурсного забезпечення визначає їх здатність діяти в умовах нестабільної оперативної обстановки.

Організаційна стійкість підрозділів ДСНС проявляється у спроможності забезпечувати безперервність виконання завдань за призначенням навіть за умови тривалих фізичних навантажень, жорсткого дефіциту часу та впливу небезпечних факторів воєнного характеру. Вона охоплює чіткий розподіл функцій між особовим складом, наявність

резервів сил і засобів, а також здатність оперативно адаптувати систему управління до змін обстановки без втрати ефективності реагування.

У цьому контексті управлінські рішення безпосередньо корелюють із рівнем охорони праці рятувальників. Надмірна концентрація завдань на обмеженій кількості особового складу, відсутність своєчасної ротації, неузгодженість дій залучених сил або перевантаження керівників тактичної ланки створюють передумови для зростання травматизму та помилкових дій під час проведення робіт. Відтак забезпечення організаційної стійкості підрозділів слід розглядати як дієвий превентивний інструмент мінімізації професійних ризиків.

Важливим елементом організаційної стійкості є спроможність керівного складу забезпечувати раціональний баланс між інтенсивністю виконання завдань та збереженням боєздатності особового складу. Ефективне планування ротацій, своєчасне залучення резервів та підтримка стійкого управління дозволяють мінімізувати негативний вплив кумулятивних навантажень, створюючи передумови для безпечного проведення аварійно-рятувальних робіт.

Поряд з організаційними аспектами, визначальний вплив на безпеку діяльності підрозділів ДСНС справляє людський фактор, а саме психофізіологічна надійність особового складу в умовах затяжних надзвичайних ситуацій. Сучасна оперативна практика характеризується екстремальними фізичними та психоемоційними навантаженнями, які мають тенденцію до накопичення та виснаження внутрішніх ресурсів організму. За таких обставин навіть у висококваліфікованих фахівців виникають об’єктивні обмеження концентрації уваги та швидкості реакції. Ігнорування цих фізіологічних меж може призвести до помилкових дій, що становить пряму загрозу безпеці праці та життю рятувальників.

Особливої гостроти набуває проблема хронічної втоми та психоемоційного виснаження, які часто не мають зовнішніх ознак, але критично знижують функціональні можливості працівника. У такому стані формальне дотримання інструкцій з охорони праці стає неможливим без урахування поточного ресурсу організму. Відтак, система цивільного захисту потребує інтеграції дієвих механізмів моніторингу психофізіологічного стану персоналу безпосередньо в процесі управління службовою діяльністю.

З урахуванням зазначених організаційних і психофізіологічних чинників, визначальну роль у забезпеченні ефективного та безпечного виконання завдань відіграє процес прийняття управлінських рішень. У сучасних реаліях діяльність підрозділів ДСНС відбувається в умовах жорсткого дефіциту часу, неповноти розвідувальних даних та високої динаміки змін оперативної обстановки, що унеможливлює механічне застосування стандартних алгоритмів управління.

Керівник гасіння пожежі або ліквідації наслідків НС змушений одночасно забезпечувати координацію сил і засобів, безперервність робіт і безпеку особового складу. За таких умов управлінські рішення мають ґрунтуватися не лише на тактичній доцільності, а й на об'єктивній оцінці можливостей підрозділів і наявних ресурсних обмежень. Недоліки в координації, розподілі повноважень або обміні інформацією знижують ефективність рятувальних робіт і рівень захищеності рятувальників.

У цьому контексті управлінську діяльність слід розглядати як складову системи охорони праці, оскільки якість прийнятих рішень визначає рівень навантаження на особовий склад, своєчасність введення резервів і доцільність обраної тактики, що загалом підвищує стійкість підрозділів у складній оперативній обстановці.

Організаційна стійкість підрозділів ДСНС виступає ключовою передумовою ефективного виконання завдань цивільного захисту та водночас важливою складовою системи забезпечення безпеки праці. Раціональна структура управління, наявність резервів і здатність до адаптації дозволяють зменшити негативний вплив тривалого навантаження та нестабільних умов діяльності на особовий склад.

Вагоме значення має врахування людського фактора, зокрема психофізіологічних обмежень рятувальників у процесі виконання завдань підвищеної складності. Ігнорування накопиченої втоми, емоційного виснаження та зниження працездатності знижує ефективність заходів з охорони праці та підвищує імовірність помилок у процесі реагування на надзвичайні ситуації.

Якість управлінських рішень і рівень координації дій безпосередньо впливають на безпеку професійної діяльності підрозділів ДСНС. Розгляд управління як елементу системи охорони праці дозволяє перейти від формального дотримання вимог до створення умов для стійкого та безпечного виконання завдань цивільного захисту.

Таким чином, забезпечення стійкості функціонування підрозділів ДСНС у сучасних умовах має розглядатися як комплексне завдання, що поєднує організаційні, управлінські та безпекові аспекти і спрямоване на збереження життя та здоров'я особового складу при виконанні завдань цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 р. № 5403 – VI. – URL: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/5403-17
2. Правила безпеки праці в органах та підрозділах ДСНС України : Наказ ДСНС України від 31.12.2025 № 1661. URL: https://kyiv.dsns.gov.ua/upload/2/5/3/4/9/1/2/pravila-bezpeki-praci-v-organax-ta-pidrozdilax-dsns.pdf

УДК 331.45

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ РИЗИКООРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ В УПРАВЛІННІ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ДСНС УКРАЇНИ

***Максим ДЕМЕНТ**, канд. пед. наук, доц.,*
доц. кафедри організації і проведення аварійно-рятувальних робіт
Національний університету цивільного захисту України
***Каріна ЗАРІЦЬКА**, курсантка навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний етап реформування системи цивільного захисту України характеризується трансформацією стандартів забезпечення безпеки праці – від переважно реактивної моделі, орієнтованої на реагування на нещасні випадки, до проактивної, що базується на системному виявленні, оцінюванні та управлінні професійними ризиками. В умовах інтенсифікації оперативної-службової діяльності та появи нових загроз воєнного характеру традиційна система охорони праці, побудована виключно на дотриманні статичних інструкцій і нормативних вимог, поступово втрачає свою ефективність. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває впровадження ризик-орієнтованого підходу, який дає змогу прогнозувати потенційні небезпеки та мінімізувати їх негативний вплив на життя і здоров'я особового складу ще на етапі планування та організації виконання службових завдань.

Ризик-орієнтований підхід у системі ДСНС України не заперечує чинні правила і стандарти безпеки, а виступає інструментом підвищення ефективності їх практичного застосування в умовах невизначеності та динамічності оперативної обстановки. Реалізація цього підходу передбачає комплексну роботу за трьома стратегічними векторами:

- ідентифікація та класифікація професійних ризиків;
- динамічна оцінка ризиків;
- персоніфікація відповідальності та формування культури безпеки.

Ідентифікація та класифікація професійних ризиків є вихідною та базовою складовою ризик-орієнтованого підходу в управлінні охороною праці в системі ДСНС України. Специфіка діяльності підрозділів ДСНС передбачає наявність ризиків, які об'єктивно неможливо усунути повністю, зокрема під час виконання робіт на висоті, у непридатному для дихання середовищі, у зонах руйнувань або під загрозою ворожих обстрілів. За таких умов першочерговим завданням системи управління охороною праці стає не повне усунення небезпек, а їх своєчасне виявлення, оцінювання та віднесення до відповідних категорій за рівнем небезпечності. Це дозволяє здійснювати обґрунтовану диференціацію ризиків на прийнятні

(контрольовані) та неприйнятні, визначати допустимі межі їх впливу та обирати адекватні запобіжні заходи.

Динамічна оцінка ризиків у системі ДСНС України розглядається як ключовий елемент ризик-орієнтованого управління та як критично важлива управлінська компетентність керівника гасіння пожежі або ліквідації надзвичайної ситуації. На відміну від виробничих об'єктів зі відносно стабільними умовами праці, оперативна обстановка під час ліквідації надзвичайної ситуації характеризується постійною мінливістю, швидкою ескалацією загроз та високим рівнем невизначеності.

У таких умовах керівник повинен здійснювати безперервний моніторинг середовища та оперативно адаптувати тактичні рішення залежно від розвитку подій. Впровадження методики динамічної оцінки ризиків передбачає циклічний алгоритм: «виявлення загроз – оцінювання рівня ризику – вибір тактики дій – контроль безпеки – переоцінка», що повторюється протягом усього періоду проведення аварійно-рятувальних робіт.

Застосування цього підходу забезпечує можливість своєчасного коригування плану дій, зміни способів і засобів виконання завдань, а за потреби – тимчасового призупинення робіт або відведення особового складу в безпечну зону. Пріоритет при цьому надається збереженню життя та здоров'я рятувальників у випадках, коли прогнозований рівень ризику перевищує очікуваний позитивний результат від подальших дій. Таким чином, динамічна оцінка ризиків переводить управління безпекою від реагування на події до їх упередження, робить управлінські рішення більш обґрунтованими та сприяє формуванню в особового складу відповідального ставлення до власної безпеки під час виконання завдань.

Персоніфікація відповідальності та формування культури безпеки у межах ризик-орієнтованого підходу розглядаються як умова зниження виробничого травматизму та втрат серед особового складу. Такий підхід передбачає зміщення акценту з формального дотримання вимог і приписів на усвідомлену відповідальність кожного працівника за власну безпеку та безпеку колег під час виконання службових завдань.

Кожен співробітник має розглядатися як активний суб'єкт управління ризиками на своєму функціональному рівні, здатний своєчасно виявляти небезпеки, оцінювати їхній рівень та ініціювати заходи щодо їх мінімізації. У цьому контексті особливого значення набуває перехід від формалізованих інструктажів до практико-орієнтованих тренінгів, спрямованих на розвиток навичок розпізнавання прихованих загроз, зокрема ознак втрати стійкості будівельних конструкцій, наявності вибухонебезпечних предметів, можливих вторинних факторів ураження тощо.

Формування культури безпеки також передбачає створення в підрозділах атмосфери довіри та відкритої комунікації, за якої працівники

не бояться повідомляти про небезпечні умови або помилки, розглядаючи це не як прояв слабкості, а як відповідальну професійну поведінку. У сукупності це забезпечує поступове закріплення безпечних моделей поведінки як стійкої норми службової діяльності та підвищує загальний рівень готовності особового складу до дій в умовах підвищеного ризику.

Трансформація системи охорони праці в Державній службі України з надзвичайних ситуацій на засадах ризик-орієнтованого підходу є об'єктивною потребою сучасної служби, що діє в умовах зростання складності загроз та оперативних викликів. Такий підхід дозволяє переосмислити традиційну «техніку безпеки», яка концентрується здебільшого на формальному дотриманні нормативних актів, у бік сучасної управлінської моделі, що передбачає системне виявлення, оцінювання та контроль ризиків, що можуть негативно вплинути на життя і здоров'я рятувальників. Це відповідає загальним світовим тенденціям у сфері охорони праці, де ризик-орієнтований підхід є центральною концепцією сучасних систем менеджменту безпеки.

Реалізація концепції ризик-орієнтованого підходу дозволить не лише підвищити рівень захищеності рятувальників під час виконання складних службових завдань, а й створить передумови для формування належної культури безпеки, персоніфікації відповідальності кожного працівника за результати своєї діяльності та безпечну реалізацію операцій. Крім того, інтеграція науково-обґрунтованих методів оцінювання ризиків у службову практику сприятиме підвищенню ефективності використання ресурсів, зменшенню кількості нещасних випадків і професійних травм у систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 р. № 5403 – VI. – Режим доступу: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/5403-17
2. Правила безпеки праці в органах та підрозділах ДСНС України : Наказ ДСНС України від 31.12.2025 № 1661. Режим доступу: https://kyiv.dsns.gov.ua/upload/2/5/3/4/9/1/2/pravila-bezpeki-praci-v-organax-ta-pidrozdilax-dsns.pdf
3. Бєліков А. С., Рибалка К. А., Дзюбан О. В. Шляхи впливу економічного регулювання охорони праці з урахуванням ризик-орієнтованого підходу // *Український журнал будівництва та архітектури*. – 2024.
4. Ченчева О., Сукач С., Різник Д. та ін. Modern concept of occupational safety and health management with a risk-based approach // *Municipal economy of cities. Series: Information Technology and Engineering*. – 2024.

УДК 614.841.45

СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ЗНАЧЕННЯМИ ТОВЩИНИ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА РІЗНИМИ СЦЕНАРІЯМИ УМОВНОЇ ПОЖЕЖІ

***Сергій НОВАК**, канд. техн. наук,*
старший науковий співробітник
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України
***Ігор МАЛАДИКА**, канд. техн. наук, доц.*
Черкаський державний технологічний університет
***Максим ПУСТОВИЙ**, ад'юнкт*
Національний університет цивільного захисту України

Для сталевих конструкцій (балок, колон), оснащених вогнезахистом, різниця між значеннями їхніх проміжків часу збереженості вогнестійкості за різними сценаріями умовної пожежі (за стандартного температурного режиму згідно з EN 1363-1:2020 [1] й іншими номінальними температурними режимами згідно з EN 1363-2:1999 [2]) може становити десятки відсотків [3]. Для забезпечення нормованої вогнестійкості цих конструкцій, за умов теплового впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі значення товщини вогнезахисту мають бути більші ніж за стандартного температурного режиму, а за сценарію зовнішньої пожежі – менші. Невизначеність даних про співвідношення між цими значеннями товщини вогнезахисту для широких діапазонів параметрів сталевих конструкцій (теплофізичних властивостей використовуваного вогнезахисного матеріалу, критичної температури, коефіцієнта поперечного перерізу і нормованого проміжку часу збереженості вогнестійкості), що є актуальними для користувачів вогнезахисту, зумовило проведення даного дослідження.

Дослідження здійснено із застосуванням методу, складовими якого є чисельне моделювання теплового стану сталевої конструкції за сценаріями умовної пожежі, апроксимація здобутих розрахункових величин із використанням регресійних моделей, а також порівняння цих показників з експериментальними.

За результатами проведеного дослідження одержано розрахункові значення та залежності, що стосуються співвідношення (різниці) величин товщини вогнезахисту, які визначено за умов теплового впливу за різних номінальних температурних режимів пожежі у широкому діапазоні параметрів сталевої конструкції.

Доведено, що за умов теплового впливу за температурних режимів вуглеводневої та зовнішньої пожеж товщина вогнезахисту зростає з збільшенням коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного матеріалу, що

застосовується, та коефіцієнта поперечного перерізу, проміжку часу збереженості вогнестійкості сталевої конструкції і зі зменшенням критичної температури. Діапазон величин товщини вогнезахисту за температурного режиму вуглеводневої пожежі складає від 0,21 мм до 452 мм, і він більш широкий за той, що є за режиму зовнішньої пожежі, за якого товщина вогнезахисту змінюється від 0,06 мм до 349 мм [4]. Виявлено, що різниця між значеннями товщини вогнезахисту, одержаними за умов теплового впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі й стандартного температурного режиму, варіюється у межах від 5,74 % до 214 % і з ростом коефіцієнта теплопровідності застосовуваного вогнезахисного матеріалу, коефіцієнта поперечного перерізу і зі зниженням критичної температури вона зменшується. Різниця між величинами товщини вогнезахисту, одержаними за умов теплового впливу за температурного режиму зовнішньої пожежі й стандартного температурного режиму, варіюється в межах від –7,52 % до –64,7 % й із зростанням коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного матеріалу, що застосовується, коефіцієнта поперечного перерізу і зі зниженням критичної температури вона зменшується (за модулем) [4]. Найбільше впливає на величину різниці проміжок часу збереженості вогнестійкості, зростання якого призводить до її істотного зменшення за температурного режиму вуглеводневої пожежі та істотного збільшення (за модулем) за температурного режиму зовнішньої пожежі.

Виконано апроксимацію одержаних даних розрахунків щодо вказаних співвідношень з застосуванням двох рівнянь лінійної регресії (відносно сценарію з температурним режимом вуглеводневої пожежі та відносно сценарію з температурним режимом зовнішньої пожежі). Установлено, що здобуті аналітичні залежності відповідно до значень коефіцієнта детермінації й критерію Фішера є якісними й адекватними [5]. Для оцінювання прийнятності двох отриманих аналітичних залежностей, з точки зору проведення інженерних розрахунків з прогнозування необхідної товщини систем вогнезахисту для сталевих конструкцій, було здійснено порівняння даних про товщини вогнезахисту з пасивного вогнезахисного матеріалу й реактивного вогнезахисного матеріалу, що спучується, для сценаріїв умовної пожежі за температурними режимами вуглеводневої й зовнішньої пожеж, обчислених за цими залежностями, зі значеннями товщини, одержаними за цими ж сценаріями експериментально-розрахунковим методом [6; 7]. Доведено, що для пасивного і реактивного вогнезахисних покриттів певних торгових марок має місце задовільна збіжність результатів розрахунку їхньої необхідної товщини за сценаріями умовного пожежі за температурними режимами вуглеводневої і зовнішньої пожеж, одержаних за аналітичними залежностями, зі значеннями товщини цих покриттів, визначеними експериментально-розрахунковим методом за цими ж сценаріями. Для пасивного вогнезахисного покриття значення відносного відхилення

розрахункової товщини від отриманої експериментально-розрахунковим методом знаходиться в межах від –19,8 % до 3,4 % за температурного режиму вуглеводневої пожежі та від –14,9 % до 10,4 % за температурного режиму зовнішньої пожежі. Для реактивного вогнезахисного покриття діапазон цього відхилення є дещо більшим [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1363-1:2020 Fire resistance tests – Part 1: General Requirements. European committee for standardization. CEN-CENELEC Management Centre: rue de la Science 23, B-1040 Brussels. 2020 CEN. 54 p.
2. EN 1363-2:1999 Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures. Central Secretariat: rue de Stassart, 36, B-1050 Brussels. 1999. CEN. 16 p.
3. Новак С., Добростан О., Пустовий М. Вплив температурного режиму пожежі на проміжок часу збереженості вогнестійкості сталевих конструкцій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2023. № 1 (15). С. 18–31.
4. Новак С., Добростан О., Пустовий М. Вплив температурного режиму пожежі на необхідну мінімальну товщину вогнезахисних покриттів для сталевих конструкцій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2022. № 2 (14). С. 5–20.
5. Новак С., Пустовий М., Маладика І. Оцінювання необхідної товщини вогнезахисту сталевих конструкцій за сценаріями умовної пожежі. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2025. № 2 (20). С. 47–61.
6. Новак С., Пустовий М. Вплив параметрів сталевих конструкцій на співвідношення необхідної мінімальної товщини пасивних систем вогнезахисту за різними номінальними температурними режимами пожежі. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2025. № 1 (15). С. 53–64.
7. Новак С., Пустовий М. Співвідношення необхідної мінімальної товщини вогнезахисних покриттів сталевих конструкцій за різними номінальними температурними режимами пожежі. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2024. № 2 (14). С. 63–74.

УДК 614.84

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ

***Максим ДЕМЕНТ**, канд. пед. наук, доц.,*
доц. кафедри організації і проведення аварійно-рятувальних робіт
Національний університет цивільного захисту України
***Анна ПОЛОВ'ЯН**, курсантка навчально-наукового інституту*
цивільного захисту
Національний університет цивільного захисту України

Пожежна безпека об'єктів критичної інфраструктури є одним із пріоритетних напрямів забезпечення національної безпеки України, оскільки стабільне функціонування таких об'єктів безпосередньо впливає

на життєзабезпечення населення, економічну стабільність держави та безперервність роботи органів управління. До об'єктів критичної інфраструктури належать підприємства та установи енергетичного, транспортного, водопровідно-каналізаційного, хімічного, зв'язкового, оборонного та інших секторів, порушення роботи яких може призвести до виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру з масштабними негативними наслідками.

Відповідно до положень Кодексу цивільного захисту України, який є фундаментальним нормативно-правовим актом у цій сфері, поняття пожежної безпеки трактується значно ширше, ніж просто відсутність вогню. Воно визначається як гарантований стан захищеності життя та здоров'я громадян, матеріальних цінностей, об'єктів нерухомості, навколишнього природного середовища, а також національних інтересів держави від руйнівних наслідків неконтрольованого горіння.

Особливої гостроти це питання набуває у контексті функціонування об'єктів критичної інфраструктури, пошкодження яких може призвести до масштабних техногенних катастроф. Забезпечення належного рівня пожежної безпеки на таких підприємствах не може бути епізодичним заходом; це має бути системний, науково обґрунтований та безперервний процес. При цьому законодавством чітко регламентовано розподіл сфер відповідальності. З одного боку, суб'єкти господарювання та керівники об'єктів несуть безпосередню персональну відповідальність за організацію безпечного технологічного процесу та фінансування протипожежних заходів. З іншого боку, функція контролю, моніторингу та нагляду покладається на уповноважені державні органи у сфері техногенної та пожежної безпеки (ДСНС), які забезпечують перевірку дотримання встановлених норм і стандартів, створюючи таким чином дворівневу систему гарантування безпеки.

Чинні нормативно-правові акти України, зокрема Правила пожежної безпеки в Україні, державні будівельні норми та національні стандарти, встановлюють комплекс обов'язкових вимог до протипожежного захисту об'єктів критичної інфраструктури. Ці вимоги стосуються планувальних рішень, вогнестійкості будівельних конструкцій, категорування приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою, забезпечення об'єктів первинними засобами пожежогасіння, системами пожежної сигналізації, оповіщення та управління евакуацією людей. Важливе значення має правильна організація шляхів евакуації, які повинні відповідати нормативним вимогам і забезпечувати безпечний та своєчасний вихід персоналу у разі виникнення пожежі.

На об'єктах критичної інфраструктури з підвищеним рівнем пожежної небезпеки обов'язковим є застосування автоматичних систем пожежогасіння та протидимного захисту. Використання таких систем дозволяє суттєво знизити ймовірність швидкого поширення пожежі,

зменшити тепловий вплив та концентрацію токсичних продуктів горіння, що є особливо важливим для об’єктів з постійним перебуванням персоналу або складним технологічним обладнанням. Крім того, своєчасне виявлення пожежі на ранній стадії за допомогою автоматичних систем пожежної сигналізації значно підвищує ефективність реагування та зменшує можливі збитки.

Важливу роль у забезпеченні пожежної безпеки відіграє організаційна складова, яка включає розроблення та впровадження інструкцій з пожежної безпеки, проведення первинного, повторного та позапланового інструктажу персоналу, а також навчання працівників діям у разі виникнення пожежі та інших надзвичайних ситуацій. Зазначені заходи мають бути системними, плановими та адаптованими до специфіки діяльності кожного об’єкта критичної інфраструктури з урахуванням його технологічних процесів, категорії пожежної небезпеки та особливостей експлуатації обладнання.

Практичний досвід свідчить, що людський фактор залишається однією з основних причин виникнення пожеж, зокрема через недотримання встановлених вимог, необережне поводження з вогнем, порушення правил експлуатації електрообладнання та недостатній рівень підготовки персоналу. У зв’язку з цим систематичне підвищення рівня обізнаності працівників, формування в них культури безпечної поведінки та відповідального ставлення до виконання вимог пожежної безпеки є необхідною умовою зменшення пожежних ризиків на об’єктах критичної інфраструктури.

Сучасні умови функціонування держави, зокрема збройна агресія та зростання диверсійних загроз, суттєво ускладнюють забезпечення пожежної безпеки об’єктів критичної інфраструктури. Пошкодження будівель, технологічного обладнання та інженерних мереж унаслідок обстрілів або інших воєнних дій значно підвищує ймовірність виникнення пожеж та ускладнює процес їх ліквідації. У таких умовах особливого значення набуває адаптація систем пожежної безпеки до надзвичайних ситуацій, забезпечення резервного живлення протипожежних систем, а також чітка взаємодія з підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Контроль за дотриманням вимог пожежної безпеки на об’єктах критичної інфраструктури здійснюється шляхом проведення планових та позапланових перевірок, систематичного аналізу стану протипожежного захисту, а також комплексної оцінки ризиків виникнення пожеж і можливих наслідків їх розвитку. У процесі контролю особлива увага приділяється справності систем пожежної сигналізації, оповіщення та управління евакуацією, автоматичних установок пожежогасіння, стану шляхів евакуації, забезпеченню об’єктів первинними засобами пожежогасіння та дотриманню персоналом вимог нормативно-правових актів у сфері пожежної безпеки.

Важливим інструментом у цій сфері є ризик-орієнтований підхід, який передбачає визначення найбільш уразливих елементів об’єктів, оцінку ймовірності виникнення небезпечних подій та прогнозування можливих сценаріїв розвитку пожеж. Застосування цього підходу дає змогу раціонально розподіляти ресурси, зосереджувати зусилля на критичних ділянках та впроваджувати превентивні заходи, спрямовані на зниження рівня пожежних ризиків і мінімізацію можливих збитків.

Таким чином, пожежна безпека об’єктів критичної інфраструктури є комплексною проблемою, що потребує поєднання технічних, організаційних та управлінських заходів, реалізованих відповідно до вимог чинного законодавства України та з урахуванням сучасних загроз. Забезпечення належного рівня пожежної безпеки сприяє зменшенню ймовірності виникнення пожеж, мінімізації їх наслідків, збереженню життя і здоров’я людей, підвищенню рівня захищеності персоналу, а також зміцненню стійкості функціонування критично важливих об’єктів в умовах сучасних викликів і загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI // Відомості Верховної Ради України. – 2012. – № 50–51. – Ст. 632.
2. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417 // Офіційний вісник України. – 2015. – № 10. – Ст. 87.
3. Про об’єкти критичної інфраструктури : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX // Офіційний вісник України. – 2021. – № 90. – Ст. 15.

УДК 351.862

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОБРОВІЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УКРАЇНІ

***Максим ДЕМЕНТ**, канд. пед. наук, доц.,*
доц. кафедри організації і проведення аварійно-рятувальних робіт
Національний університет цивільного захисту України
***Анастасія ЧЕГОЛЯ**, курсантка навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

Ефективна система цивільного захисту є фундаментом національної безпеки будь-якої держави, особливо в періоди соціальних потрясінь та військових конфліктів. Сучасні реалії вимагають від України не лише посилення можливостей професійних аварійно-рятувальних служб, а й активного залучення громадянського суспільства до питань безпеки. У

цьому контексті ключового значення набуває інститут добровільних формувань цивільного захисту, який дозволяє поєднати державні ресурси з ініціативою та мобільністю місцевих громад для оперативного реагування на виклики сьогодення.

Актуальність дослідження правових та організаційних засад діяльності добровільних формувань зумовлена насамперед введенням правового режиму воєнного стану та значним зростанням навантаження на підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Масштабні руйнування інфраструктури, постійні загрози ракетних обстрілів та виникнення супутніх техногенних аварій потребують залучення додаткових людських ресурсів, які можуть прибути на місце події у найкоротші терміни.

Крім того, в умовах децентралізації влади саме добровільні формування стають дієвим інструментом підвищення спроможності територіальних громад самостійно ліквідовувати локальні надзвичайні ситуації до прибуття основних сил. Тому вдосконалення механізмів їх створення та функціонування є не просто питанням безпеки, а й необхідною умовою стійкості держави.

Згідно з положеннями Кодексу цивільного захисту України, добровільні формування цивільного захисту визначено як важливу допоміжну складову Єдиної державної системи цивільного захисту. Їх утворення ініціюється у випадках виникнення загрози або безпосереднього настання надзвичайних ситуацій техногенного чи природного характеру, а також для ліквідації наслідків, спричинених соціальними та воєнними факторами.

Основним призначенням таких формувань є проведення допоміжних робіт. До цього переліку входить широкий спектр заходів: від розбору завалів та розчищення маршрутів руху до надання первинної допомоги постраждалим та участі у відновлювальних роботах. Рішення про створення таких підрозділів приймається відповідними суб’єктами владних повноважень залежно від масштабу ситуації: центральними органами виконавчої влади, місцевими державними військовими адміністраціями або органами місцевого самоврядування.

Комплектування особового складу добровільних формувань здійснюється виключно на добровільних засадах. Членами формувань можуть стати громадяни України, які досягли 18 років та відповідають встановленим вимогам. Ключовими критеріями відбору є не лише особисте бажання, а й відповідність стану здоров’я та фізичної підготовки, а також наявність необхідних здібностей для виконання покладених завдань в екстремальних умовах.

Особлива увага в законодавстві приділена правовому та соціальному захисту добровольців. Права та обов’язки громадян, що залучаються до складу формувань, чітко регламентовані Кодексом цивільного захисту.

Держава гарантує належний рівень безпеки для учасників таких формувань: на період виконання ними допоміжних робіт в обов'язковому порядку здійснюється страхування життя та здоров'я. Це є важливою соціальною гарантією, що забезпечує захист інтересів добровольців та їхніх родин у разі виникнення непередбачуваних обставин під час виконання службових завдань.

Реалізація ініціативи щодо створення добровільних формувань покладається на органи місцевої державної військової адміністрації або органи місцевого самоврядування. Легітимізація діяльності підрозділу відбувається шляхом прийняття відповідних рішень сесій, розпоряджень голів адміністрацій. Ці документи затверджують Положення про формування, у якому детально регламентуються такі аспекти: організаційна структура та штатна чисельність підрозділу; конкретний перелік завдань та функцій відповідно до специфіки регіону; порядок матеріально-технічного забезпечення та фінансування; механізм оповіщення та збору особового складу.

Безпосереднє керівництво формуванням здійснює начальник, який призначається органом, що утворив цей підрозділ. Він несе персональну відповідальність за готовність формування до дій за призначенням, дотримання заходів безпеки та дисципліну особового складу під час виконання завдань.

Функціональне навантаження на добровільні формування визначається поточною оперативною обстановкою. Члени таких підрозділів залучаються до виконання допоміжних робіт, що не потребують допуску до державної таємниці або вузькоспеціалізованої кваліфікації професійних рятувальників. До таких робіт, зокрема, належать:

- проведення первинних заходів із розбору завалів та розчищення маршрутів евакуації;
- участь у пошуку постраждалих на відкритій місцевості та в житловому секторі;
- надання домедичної допомоги постраждалим до прибуття медичних працівників;
- забезпечення роботи пунктів незламності, розгортання пунктів обігріву та видачі гуманітарної допомоги;
- інформаційно-роз'яснювальна робота серед населення в зонах ризику.

Інтеграція добровільних формувань у систему безпеки дозволяє суттєво підвищити потенціал реагування на надзвичайні ситуації на локальному рівні. Це набуває особливої актуальності в умовах дефіциту ресурсів, коли професійні підрозділи ДСНС можуть бути перевантажені великою кількістю викликів під час масованих обстрілів або масштабних стихійних лих.

Добровольці, перебуваючи безпосередньо на місцях, здатні мінімізувати «часовий фактор», розпочинаючи першочергові рятувальні

заходи ще до прибуття основних сил. Крім того, функціонування таких підрозділів сприяє самоорганізації громад, підвищує культуру безпеки серед населення та забезпечує ефективну комунікацію між владою та мешканцями у кризових ситуаціях. Таким чином, добровільні формування стають інструментом зміцнення стійкості громади перед сучасними викликами.

Окремим важливим аспектом функціонування добровільних формувань є їх матеріально-технічне забезпечення. Згідно із законодавством, на період виконання поставлених завдань орган, що утворив формування, зобов'язаний надати особовому складу необхідні ресурси на умовах тимчасового користування (повернення). До переліку такого майна входять не лише приміщення для дислокації, але й спеціалізовані засоби зв'язку, автотранспортна техніка, засоби індивідуального захисту (каски, бронежилети, спецодяг), а також необхідне обладнання для проведення аварійних робіт. Процедура передачі, зберігання та повернення майна чітко регламентується внутрішніми нормативними актами органу місцевого самоврядування або державної військової адміністрації, що забезпечує контроль за цільовим використанням ресурсів громади.

Порядок безпосереднього залучення добровольців до дій за призначенням базується на принципі єдиного керівництва. Обсяги та види допоміжних робіт визначаються або органом, що створив підрозділ, або керівником робіт з ліквідації наслідків НС, у разі розгортання штабу з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. У такому випадку добровільне формування переходить в оперативне підпорядкування професійних аварійно-рятувальних служб.

Визначаючи стратегічні перспективи розвитку інституту добровільних формувань в Україні, слід акцентувати увагу на необхідності адаптації нормативно-правової бази до викликів воєнного часу. Нагальною потребою є чітка юридична регламентація статусу добровольця, яка б передбачала розширені соціальні гарантії, аналогічні до тих, що мають працівники ДСНС, враховуючи високий ризик виконання завдань в умовах бойових дій або ракетних загроз.

Ключовим вектором розвитку є професіоналізація діяльності формувань. Сучасні реалії вимагають переходу від епізодичних інструктажів до системної фахової підготовки. Навчальні програми, які реалізуються у співпраці державних навчально-методичних центрів цивільного захисту та громадських організацій, повинні включати поглиблений курс домедичної допомоги, основи мінної безпеки та поводження з вибухонебезпечними предметами, психологічну підготовку до дій в екстремальних умовах, відпрацювання алгоритмів взаємодії з важкою інженерною технікою. Такий комплексний підхід дозволить перетворити добровільні загони з суто допоміжної сили на кваліфікований резерв системи цивільного захисту.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що добровільні формування цивільного захисту є невід'ємною складовою архітектури національної безпеки України. В умовах перманентних загроз вони виконують життєво необхідну функцію, забезпечуючи «ефект присутності» рятувальних сил у кожній громаді ще до прибуття професійних підрозділів.

Окрім безпосередньої допомоги у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, ці формування виступають каталізатором соціальної згуртованості та відповідальності суспільства. Подальша інтеграція добровільного руху в систему цивільного захисту потребує удосконалення нормативно-правового регулювання, модернізацію технічного оснащення та впровадження системного навчання особового складу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 р. № 5403 – VI. – Режим доступу: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/5403-17
2. Про затвердження Положення про добровільні формування цивільного захисту: постанова Кабінету Міністрів України від 21.08.2013 № 616. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/616-2013-%D0%BF#Text

УДК 614.8

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

***Олексій МИГАЛЕНКО**, канд. екон. наук, доц.,*
***Віталій КОМПАН**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України.*

Під час виникнення надзвичайних ситуацій, таких як землетруси, вибухи, обвали будівель або техногенні катастрофи, першочерговим завданням рятувальників є швидкий, безпечний та ефективний розбір завалів для пошуку постраждалих. Для цього широко застосовується сучасна будівельна техніка – екскаватори, крани, навантажувачі, бульдозери, підйомники тощо. Однак у реальних умовах руйнувань використання такого обладнання часто супроводжується значними труднощами. Існує низка технічних, організаційних та безпекових проблем, які потребують врахування задля зниження ризиків і підвищення ефективності рятувальних робіт.

Однією з головних проблем є небезпека для осіб, що залишилися під завалами. Будь-яке переміщення важких конструкцій чи використання екскаватора може спричинити додаткові обвали. Вібрації та механічний тиск можуть ускладнити стан постраждалих або призвести до їх загибелі. Тому рятувальники повинні обережно підходити до вибору способів

роботи, починаючи з ручного розбору, і лише після оцінки стабільності конструкцій залучати техніку.

У зруйнованих районах часто відсутній вільний під'їзд для важкої техніки. Вузькі проходи, уламки конструкцій, завалені вулиці або пошкоджені дороги не дають змоги доставити машини безпосередньо до об'єкта. У таких випадках доводиться застосовувати комбінований підхід: техніка використовується для розчищення периметру, а всередині зони руйнування працюють рятувальники вручну.

Після масштабних катастроф частково або повністю припиняється електро- та паливопостачання. Це створює ускладнення для техніки, що потребує постійного підживлення пальним. Крім того, транспортування пального у зону руйнувань може бути небезпечним або фізично неможливим. Через це робота машин часто переривається, що знижує загальну ефективність операцій.

Під час розбору завалів рятувальники зазвичай не мають креслень або точних схем будівель. Це ускладнює розуміння, які конструкційні елементи несуть основне навантаження, а які вже втратили міцність. Як наслідок, навіть обережне використання техніки може стати причиною несподіваного обвалу або руйнування частин споруди, що ще тримаються.

Керування важкою технікою в умовах катастрофи потребує великого досвіду, точності та витримки. Оператор має діяти обережно і у тісній координації з рятувальниками, які подають сигнали чи перебувають поряд. Недостатня кваліфікація або втома призводять до помилок, які можуть мати серйозні наслідки для життя людей. Тому залучення лише професійних і підготовлених працівників є обов'язковою умовою успішної операції.

Робота техніки в умовах шуму, пилу та обмеженої видимості створює труднощі для взаємодії між операторами машин і рятувальними бригадами. Необхідне постійне використання радіозв'язку або спеціальних команд жестами, щоб уникнути незлагоджених дій. Без чіткої координації виникає ризик травмування особового складу або небезпечного руху техніки у зоні роботи людей.

Будівельна техніка створює значний шум і коливання, які ускладнюють використання приладів для пошуку живих людей під завалами – тепловізорів, геофонів, акустичних датчиків. Для зниження ризику часто роботу техніки призупиняють під час етапів активного пошуку або використовують її вибірково, лише на безпечних ділянках.

Перед початком роботи важка техніка потребує підготовки: розчищення території, створення опорних майданчиків, закріплення нестійких частин конструкцій. Ці завдання займають багато часу, а у перші години після катастрофи час є вирішальним для порятунку людей. Тому рятувальники повинні грамотно розподіляти ресурси між швидкими діями вручну та підготовкою техніки до роботи.

Будівельна техніка відіграє важливу роль у ліквідації наслідків руйнувань, проте її застосування має бути ретельно спланованим та контрольованим. Основні проблеми пов'язані з ризиком для потерпілих, обмеженим доступом, труднощами енергозабезпечення, браком координації та небезпекою руйнувань у нестабільних спорудах. Оптимальним підходом є поєднання ручної праці з механізованими засобами, використання сучасних технологій моніторингу та чітка організація взаємодії між усіма учасниками рятувальної операції. Лише за умов обережності, узгодженості дій та належної підготовки інженерна техніка здатна стати надійним помічником у справі порятунку людських життів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України від 02.10.2012 № 5403-VI. – База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.
2. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж : наказ МВС України від 26.04.2018 № 340.
3. ДСТУ 2272:2006. *Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять* (національний стандарт України).
4. ДСТУ 2273:2006. *Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять*.

УДК 614.8:355.58:621.8

МЕХАНІЗМИ ПРОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ ОРГАНАМИ УПРАВЛІННЯ ТА ПІДРОЗДІЛАМИ ДСНС УКРАЇНИ

***Олексій МИГАЛЕНКО**, канд. екон. наук, доц.,*
***Денис ЗАГАБА**, курсант навчально-наукового*
інституту пожежної та техногенної безпеки
Національного університету цивільного захисту України.

В умовах воєнного стану підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій виконують широкий спектр завдань, часто в екстремальних і бойових умовах. Ефективність виконання цих завдань безпосередньо залежить від працездатності інженерної техніки, яка є основним засобом виконання аварійно-рятувальних, інженерно-відновлювальних та транспортних робіт. Тому питання продовження ресурсу інженерної техніки набуває стратегічного значення для всієї системи технічного забезпечення ДСНС України.

Органи управління та штаби технічного забезпечення забезпечують цілеспрямовану діяльність із підтримання техніки у справному стані. Серед основних заходів:

- постійний моніторинг технічного стану машин і агрегатів;
- планування технічного обслуговування та ремонтів із урахуванням інтенсивності експлуатації та наявних ресурсів;
- формування резерву запчастин та матеріалів для аварійно-відновлювальних робіт;
- раціональне використання інженерних машин – чергування, зменшення надмірних навантажень;
- координація дій між підрозділами з метою оперативної передислокації техніки у разі необхідності.

Управлінські рішення мають ґрунтуватися на оперативній інформації, що надходить із місць експлуатації, і враховувати реальні технічні можливості.

Подовження ресурсу техніки забезпечується застосуванням низки технічних заходів:

- проведення поглибленої діагностики технічного стану агрегатів і систем;
- модернізація найбільш навантажених вузлів – установлення вдосконалених фільтрів, ущільнень, систем змащення;
- використання ремонтно-відновлювальних комплектів безпосередньо у польових умовах;
- впровадження сучасних мастильних, охолоджувальних і захисних матеріалів, що знижують зношення;
- застосування вузлового методу ремонту, коли справний агрегат замінює пошкоджений, а відновлення проводиться централізовано.

Такі заходи дозволяють продовжити міжремонтний період експлуатації машин без зниження їхньої готовності до виконання завдань за призначенням.

Важливою складовою є дотримання правил експлуатації та обслуговування техніки особовим складом.

- постійна підготовка та інструктаж персоналу щодо дбайливої експлуатації техніки;
- контроль режимів навантаження та умов використання;
- ведення технічної документації (формулярів, журналів напрацювання), що дозволяє прогнозувати відмови;
- раціональне використання паливно-мастильних матеріалів та врахування умов навколишнього середовища при роботі машин. Дотримання експлуатаційної дисципліни – це найефективніший і найдешевший засіб продовження ресурсу техніки.

В умовах воєнного стану важливу роль відіграє швидкість та мобільність реагування ремонтних структур:

- створення мобільних ремонтно-відновлювальних груп (РВГ) у складі кожного регіонального підрозділу;

- взаємодія з місцевими підприємствами для відновлення або виготовлення окремих деталей;
- застосування ресурсозберігаючих технологій, відновлення деталей методом наплавлення, гальванозміцнення тощо;
- використання придатних після дефектування компонентів – рециклінг технічних деталей.

Такі підходи дозволяють підтримувати техніку в робочому стані навіть за відсутності централізованих поставок.

Органи управління поступово впроваджують автоматизовані системи обліку технічного стану (АСУ ТЗ), які дозволяють відстежувати напрацювання кожної одиниці техніки, планувати ремонти та прогнозувати потреби у ресурсах.

Діяльність підрозділів здійснюється відповідно до нормативно-правових актів МВС України та відомчих положень ДСНС, а також за тимчасовими інструкціями, розробленими спеціально для умов воєнного стану.

Продовження ресурсу інженерної техніки в умовах воєнного стану – це складний, але цілком реалізований процес, який базується на трьох основних принципах:

1. Системність управління та обліку технічного стану.
2. Технічна грамотність і дисципліна експлуатації.
3. Оперативність ремонтно-відновлювальних заходів.

Комплексна реалізація цих механізмів забезпечує високу технічну готовність машин, зменшує витрати ресурсів і сприяє безперебійному виконанню завдань підрозділами ДСНС навіть у найскладніших умовах воєнного часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України; Закон від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.
2. Накази Міністерство внутрішніх справ України щодо технічної експлуатації та ремонту пожежно-рятувальної техніки (чинні редакції) // База даних «Законодавство України».
3. Плотніков В. П., Бондаренко О. В. Експлуатація та технічне обслуговування спеціальної інженерної техніки : навч. посіб. – Київ : НУЦЗУ, 2021.
4. Методичні рекомендації щодо експлуатації інженерної та спеціальної техніки в умовах надзвичайних ситуацій / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – Київ, 2022.

УДК 614.8

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОСАДЖЕННЯ ЗАВИСЛОГО В ПОВІТРІ ПИЛУ

***Дмитро ГОРИШЕВ**, студент навчально-наукового інституту інженерної та спеціальної підготовки*
***Олексій АНТОШКІН**, канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

Пилом вважається сукупність дрібнодисперсних твердих частинок, що перебувають у зваженому стані в повітрі або осідають на поверхнях. З самого початку існування людства, його життя супроводжується присутністю цих часток. Спочатку це був пил природнього характеру, який утворювався шляхом вивітрювання гірських порід, ерозії ґрунтів, вулканічній активності та іншим процесам. З розвитком цивілізації, появою і вдосконаленням промисловості все більше з'являлося джерел пилу так званого антропогенного або штучного походження. Мова йде про видобуток корисних копалин, обробка та переробка різної сировини та матеріалів. Небезпеку пилу для людини було розглянуто в роботі [1]. Дана робота є продовженням досліджень ц цьому напрямку.

Можливість впливу на появу та ступень запилення природнього пилу у людей майже відсутня. Тому лишається тільки передбачати наявність захисту від такого пилу. А от пил антропогенного характеру людина навчилась осаджувати штучним шляхом і покращувати якість повітря.

Захист від пилу та забезпечення його осадження є важливим напрямом охорони праці, пожежної безпеки та забезпечення належної якості повітря. Пил становить небезпеку не лише як фактор шкідливого впливу на органи дихання, але й як потенційне джерело пожежі або вибуху (особливо у випадку органічного чи металевого дрібнодисперсного пилу).

Основним напрямом реалізації заходів з покращення стану повітря є запобігання утворенню та поширенню пилу. Це досягається герметизацією технологічного обладнання, локалізацією джерел пилоутворення та застосуванням аспіраційних систем. Місцеві відсмоктувачі дозволяють уловлювати пил безпосередньо в місці його утворення, не допускаючи розповсюдження у повітрі робочої зони. Такий підхід є найбільш ефективним, оскільки мінімізує концентрацію зважених частинок ще до їх потрапляння в загальний повітряний простір.

Серед основних методів осадження пилу, який вже з'явився у повітрі і які на теперішній час отримали найбільше поширення, можна назвати наступні:

- вологий;
- механічний;
- електростатичний.

Осадження пилу часто здійснюється за допомогою зволоження. Вода або водяний туман зв'язують частинки пилу, вони «злипаються», їх маса збільшується, швидкість осідання збільшується. Цей метод широко застосовується у гірничій промисловості, на будівельних майданчиках, при роботі з сипучими матеріалами. Ефективність такого методи очищення повітря тем буде вище, чим менший діаметр мають краплі води. Тонкорозпилена вода є ефективною, оскільки створює велику площу контакту між краплями та частинками пилу. Водночас необхідно враховувати можливість зволоження матеріалів і корозійні процеси.

До переваг вологого методу відносяться – можливість одночасного очищення від пилу і газів, охолодження повітря. Разом з перевагами є і недоліки – утворення шламів, необхідність влаштування каналів для відведення та очищення забрудненої води.

Механічна фільтрація – найбільш відомий й розповсюджений метод фільтрації як на виробництві, так і у побуті. Він в свою чергу може бути гравітаційним, інерційним, центробіжним та фільтраційним. Поєднує всі ці методи до однієї групи використання різних фізичних сил – земного тяжіння, інерції, центробіжних та ін. Основними недоліками такого підходу до очищення повітря від пилу є необхідність монтажу громіздких апаратів та відносно невисока ефективність очищення повітрі від дрібнодисперсного (‹ 10 мкм) пилу.

Електростатичний метод осадження пилу ґрунтується на наданні пиловим частинкам електричного заряду в сильному електричному полі та їх подальшому осадженні на електродах протилежної полярності. Апарати в яких реалізовано такий метод називаються електростатичними фільтрами. Основними аргументами на користь використання цього методу очищення повітря вважається – ефективно уловлює дрібнодисперсний пил (0,1–1 мкм), забезпечує ступінь очищення до 99–99,9%, існує можливість використання для невеличких об'ємів в мобільних установках в «польових» умовах.

Отже, як висновок можна сказати, що вибір методу осадження пилу залежить від умов конкретного випадку – бажаної вартості установки, дисперсності пилу, умов експлуатації (стаціонарні, мобільні установки). Найбільш високоефективним методом для дрібнодисперсного пилу і створення мобільної установки безумовно буде електростатичний метод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Боровський О.А. Антошкін О.А. В чому полягає небезпека пилу для людини // Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених: материалы Всеукраїнської. науч.-практ. конф., Черкаси: НУЦЗУ ЧІПБ, 2023.

УДК 614.8

УЗАГАЛЬНЕННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ЯК СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

***Жаборовський ЄВГЕНІЙ**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки,*
***Олексій АНТОШКІН**, канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

У процесі функціонування суспільства виникає потреба у створенні систем спостереження та контролю, у яких цільова функція полягає не лише в безпосередній оцінці параметрів і стану об'єкта, а й у врахуванні додаткової інформації, зокрема сигнального характеру.

Фізична модель, що встановлює взаємозв'язок між характеристиками об'єкта та отриманими спостережними даними, має бути сформована таким чином, щоб забезпечувати можливість здійснення ефективного контролю та діагностування його властивостей.

Всі ці твердження в повній мірі стосуються и систем протипожежного захисту, як складних систем, що призначені для виявлення пожежу на ранній стадії та вживання заходів щодо її локалізації (гасіння) та забезпечення безпечної евакуації людей.

Витрати та складність побудови систем протипожежного захисту за умови забезпечення заданої ймовірності виявлення пожежі визначаються передусім розмірами об'єкта, кількістю людей, що одночасно перебувають на ньому та складністю процесів, що відбуваються.

Основні вимоги, що ставляться до систем протипожежного захисту як систем моніторингу та контролю, з урахуванням дотримання нормативних вимог та умови реагування на пожежу на стадії її раннього розвитку, можна сформулювати наступним чином:

- система протипожежного захисту повинна забезпечувати виявлення ознак пожежі (дим, підвищення температури, полум'я) у будь-якій точці захищуваного об'єкта [1, 2];
- контроль кожної ділянки приміщення або території має здійснюватися з використанням мінімально необхідної кількості технічних засобів (пожежних сповіщувачів, модулів пожежогасіння, приймально-контрольних приладів) за умови гарантованого покриття всієї контрольованої зони [3];
- вплив зовнішніх завад, хибних факторів спрацювання та дублювання сигналів повинен бути зведений до мінімуму.
- розміщення сповіщувачів і зрошувачів має забезпечувати оптимальні зони контролю без надмірного перекриття, що зменшує

ймовірність помилкових тривог та підвищує достовірність виявлення пожежі.

У системах протипожежного захисту завдання контролю зводиться до своєчасного виявлення осередку пожежі або ділянки, в якій параметри середовища (концентрація диму або газів, що ідентифікуються як ознака пожежі, температура, інтенсивність випромінювання полум'я) виходять за межі допустимих значень.

Складні за плануванням і конструкцією будівлі потребують під час проєктування систем пожежної сигналізації та автоматичного пожежогасіння розроблення обґрунтованих схем розміщення пожежних сповіщувачів. При цьому кожна точка захищуваного простору повинна перебувати в зоні чутливості щонайменше одного пожежного сповіщувача, а для систем пожежогасіння – у зоні ефективної дії зрошувача або іншого випускного насадку.

Зона контролю окремого сповіщувача зазвичай умовно подається у вигляді кола (або проєкції на горизонтальну площину), радіус якого визначається його технічними характеристиками та нормативними вимогами. Відповідно, модель побудови системи можна розглядати як задачу покриття контрольованої області колами з урахуванням додаткових обмежень, що обумовлені фізичними властивостями обладнання: висотою приміщення, наявністю перешкод, повітряними потоками, тепловими конвекційними процесами, а також вимогами до мінімальних і максимальних відстаней між приладами.

Таким чином, проєктування систем протипожежного захисту передбачає оптимізацію розміщення технічних засобів з метою забезпечення суцільного покриття зони, що підлягає захисту, нормативної ймовірності виявлення пожежі та ефективного реагування при мінімально необхідній кількості обладнання та довжині з'єднувальних ліній (дротів, трубопроводів).

ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасні системи водяного та пінного пожежогасіння: навч. посіб. / О. А. Антошкін, С. М. Бондаренко, О. А. Дерев'янко, В. О. Дурєєв, М. М. Мурін, В. В. Олійник. – Черкаси: НУЦЗ України, 2025. – 218 с. Режим доступу: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/27933
2. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Текст лекцій. / Дерев'янко О.А., Бондаренко С.М., Христич В.В., Антошкін О.А. – Х.: НУЦЗУ, 2008. 149 с. Режим доступу: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/407
3. Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5–56–2014 [Чинний від 2015-07-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ». 2014. 127 с.

УДК 355.58

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД ПРИРОДНИХ І ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ

***Артем КАРПОВ**, викладач кафедри управління у сфері цивільного захисту навчально-наукового інституту цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України*

Захист населення і територій від природних і техногенних загроз є невід'ємним компонентом національної безпеки України. Укладені суспільством правові та організаційні основи покликані зменшувати ризики, мінімізувати наслідки небезпек та забезпечувати готовність державних органів і населення до ефективної реакції в разі виникнення надзвичайних ситуацій [1].

Згідно з Концепцією захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій, головним пріоритетом є збереження життя і здоров'я людей, скорочення людських і матеріальних втрат шляхом комплексного застосування заходів прогнозування, попередження, реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [1]. Такий документ визначає стратегічні принципи діяльності державних органів, які включають підготовку населення до дій у кризових умовах, організацію оповіщення та евакуації, а також координацію сил і засобів на всіх рівнях управління.

Сучасний підхід до захисту населення ґрунтується на трьох взаємопов'язаних складових:

1. Превентивні заходи, що спрямовані на зменшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій;
2. Оперативна готовність і реагування, що забезпечують своєчасну відповідь у разі загрози чи виникнення НС;
3. Резильєнтність територій і громад, що передбачає здатність до відновлення після кризових подій.

Важливим елементом цих підходів є система цивільного захисту України, визначена в Кодексі цивільного захисту України як сукупність правових, організаційних, соціальних і економічних заходів для захисту населення, територій, навколишнього середовища і майна від надзвичайних ситуацій [3]. Цей законодавчий акт формує правові основи для діяльності державних і місцевих органів, підприємств і громадян у сфері попередження НС, захисту від їхніх наслідків та надання допомоги постраждалим.

На сучасному етапі особливу увагу приділяють не лише класифікації природних і техногенних загроз, а й оцінці їх потенційного впливу на

життєдіяльність суспільства. Природні загрози включають стихійні явища, такі як повені, землетруси, зсуви, пожежі, ураганні вітри тощо, а техногенні – аварії на об'єктах промисловості, транспорті, комунальних мережах та інші події, пов'язані з діяльністю людини. Зростання частоти та інтенсивності цих явищ потребує удосконалення заходів захисту та адаптації до мінливих умов; як зазначають дослідники, підвищуються вимоги до екологічної безпеки й управління ризиками у прифронтових і деокупованих територіях.

Одним із сучасних підходів є комплексна оцінка ризиків, яка враховує не лише ймовірність виникнення події, а й її потенційні наслідки для населення та інфраструктури. Такий підхід включає ідентифікацію чинників ризику, їх класифікацію за ступенем небезпеки, аналіз можливого впливу на різні групи населення та планування відповідних заходів управління ризиками. Він дозволяє розробляти більш ефективні плани захисту та підвищувати адаптаційний потенціал громад; аналогічні методи широко застосовуються і в цивільному плануванні для оцінки безпеки громади у мирний час.

Не менш важливою складовою захисту є система раннього попередження та оповіщення населення про загрозу надзвичайних ситуацій. Своєчасне доведення інформації дозволяє підвищити готовність громадян, організувати евакуацію, попередити паніку і зменшити втрати. В Україні для цього використовують загальнодержавні та територіальні автоматизовані системи оповіщення, що передбачають передачу сигналів і повідомлень до органів влади, служб цивільного захисту та населення.

Серед сучасних організаційних підходів варто окремо виділити формування та розвиток служб цивільної оборони на місцевому рівні, які відповідають за реалізацію заходів цивільного захисту, координацію дій у разі НС, організацію рятувальних робіт і взаємодію з центральними органами влади. Така модель спрямована на посилення ролі місцевих громад у питаннях безпеки, оскільки вони найближче до потенційних об'єктів ризику.

Особлива увага приділяється також екологічним аспектам безпеки, що безпосередньо пов'язані з природними і техногенними загрозами. Підвищення екологічної безпеки прифронтових і деокупованих територій є ключовим фактором для забезпечення їх резилієнтності, а отже й для безпеки населення в умовах сучасних загроз [2]. Це включає комплексні заходи щодо моніторингу довкілля, оцінки ступеня деградації територій, відновлення екосистем і захисту здоров'я населення.

Серед практичних підходів до захисту населення від загроз – сучасні інформаційно-аналітичні системи оцінки небезпек, системи спостереження і прогнозування надзвичайних ситуацій, плани реагування на кризові події, тренування служб і населення, а також навчально-роз'яснювальна робота,

яка підвищує рівень обізнаності громадян і їхню здатність правильно діяти у складних ситуаціях (інформування, оповіщення, евакуація, укриття).

Дуже важливим аспектом є інтеграція різних рівнів управління – від державних органів до місцевих громад та окремих громадян. Така система забезпечує ефективну координацію заходів попередження та реагування, обмін інформацією між службами, оперативне залучення ресурсів і сил, а також постійний моніторинг ситуації.

Не можна оминути увагою і роль суспільної готовності – підвищення культури безпеки населення, що включає знання правил поведінки при НС, уміння користуватися засобами індивідуального захисту, орієнтування в сигналах оповіщення та планах евакуації.

Загалом сучасні підходи до захисту населення від природних і техногенних загроз базуються на поєднанні правового регулювання, системи цивільного захисту, оцінки ризиків, моніторингу, оповіщення та участі громадян у забезпеченні власної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про Концепцію захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій. Указ Президента України від 26.03.1999 № 284/99.
2. Юрченко О., Кочеров М., Никонюк К. (2025). Напрями підвищення екологічної безпеки прифронтових та деокупованих територій для забезпечення їх резилієнтності. *Економіка та суспільство*, (77). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-77-89
3. Кодекс цивільного захисту України. Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.

УДК 614.841

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ З МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ В ПРИМІЩЕННІ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД

***Олександр НУЯНЗІН**, д-р техн. наук, проф.,*
***Таїсія ПОНОМАРЬОВА**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Методика полягає у створенні контрольованого експериментального вогневого сценарію, максимально наближеного до реального житлового приміщення за пожежним навантаженням, й фіксації температури, часу, спрацювання систем пожежної автоматики, а також візуального аналізу розвитку пожежі. Такий експеримент дає реальні дані про те, як може

проявитися пожежа в житловій кімнаті, наскільки швидко й ефективно може реагувати автоматика, і чи адекватні нормативні припущення [1].

Для проведення натурного експерименту використовується вогневий тренажерний модуль, що представляє собою 40-футовий стандартний металевий контейнер (тип ISO 40 High Cube), призначений для створення контрольованих пожежних умов (рис. 1).



Рисунок 1

Експеримент із моделювання пожежі було проведено у житловому приміщенні, змонтованому у вогнетривкому контейнері за попередньо розробленою методикою. Пожежу було ініційовано в голові ліжка за допомогою макета електрообігрівача, що імітував типову побутову ситуацію загоряння в зимовий період [2].

Умовне житлове приміщення змодельоване у задній частині 40-футового вогнетривкого контейнера. Облаштування кімнати максимально наближене до реального побутового середовища із типовим пожежним навантаженням. У центральній частині приміщення розташоване ліжко з матрацом, поряд із ним – електрообігрівач, який виступає джерелом імітації загоряння. Біля ліжка встановлено стілець. Вздовж правої стіни розміщено дві шафи, а також ще один стілець у кутку кімнати. Біля протилежної (верхньої на схемі) стіни – письмовий стіл. На рис. 2 представлено схему приміщення та місця встановлення засобів метрології.

Експеримент із моделювання пожежі було проведено у житловому приміщенні, змонтованому у вогнетривкому контейнері за попередньо розробленою методикою. Пожежу було ініційовано в голові ліжка за допомогою макета електрообігрівача, що імітував типову побутову ситуацію загоряння в зимовий період [3].

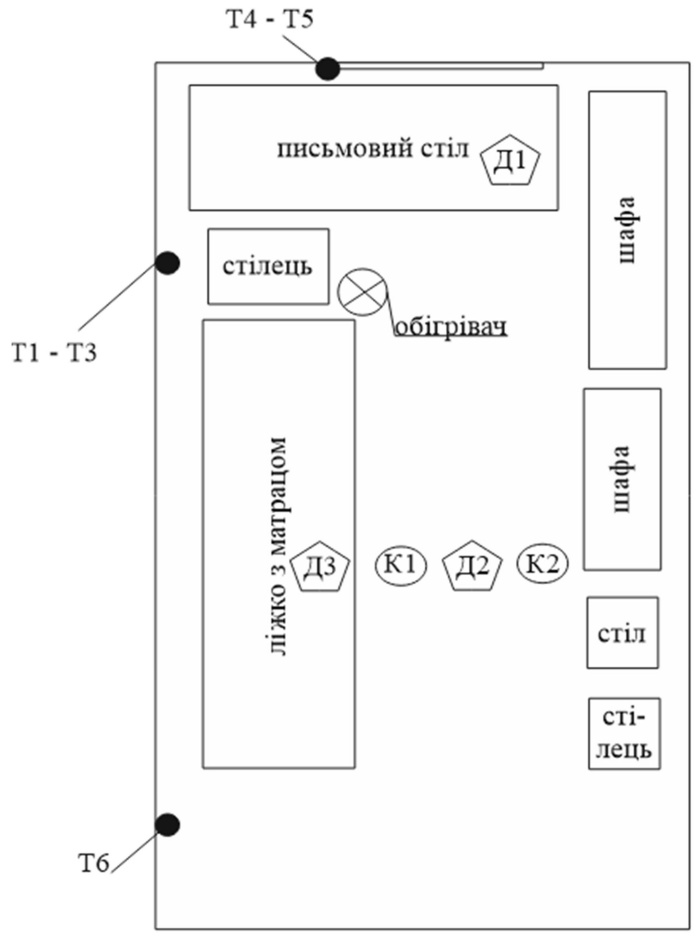


Рисунок 2 – Схему приміщення та місця встановлення засобів метрології:
Т1–Т6 – термопари; Д1–Д3 – димові пожежні сповіщувачі;
К1–К2 – теплові пожежні сповіщувачі

На рис. 3 представлено фототаблицю ходу проведення експерименту.



Рисунок 3 – Фототаблиця процесу проведення експерименту

На рис. 4. систематизовано дані показників термопар та відтворено температурний режим під час пожежі у житловому приміщенні в зимовий період.

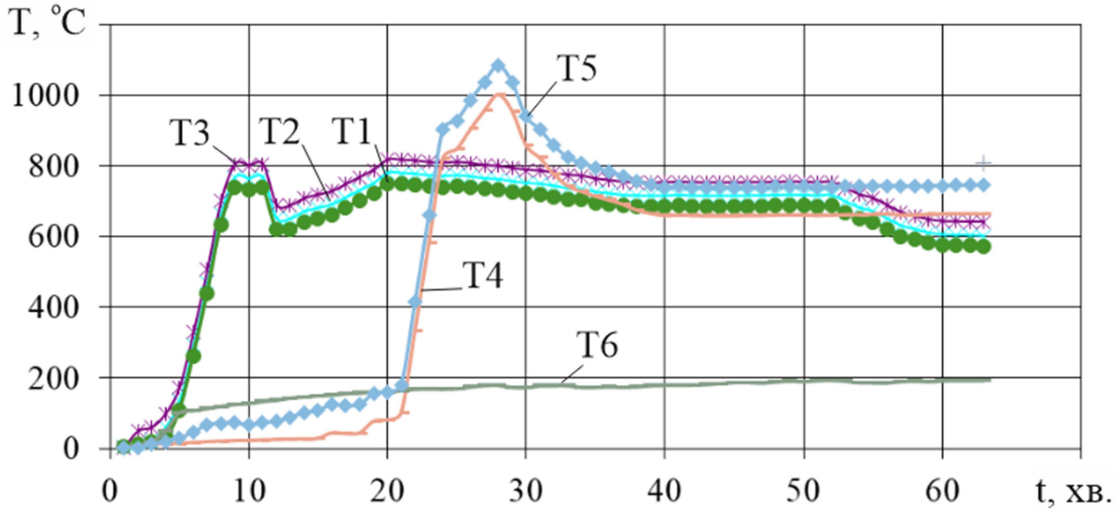


Рисунок 4 – Температурний режим під час пожежі
у житловому приміщенні в зимовий період

У ході натурного експерименту було змодельовано реалістичну пожежу в житловому приміщенні у зимовий період, що дозволило отримати достовірні дані про динаміку розвитку горіння та ефективність роботи засобів пожежної автоматики. Початкове займання, ініційоване в зоні голови ліжка, спричинило стрімке поширення полум’я в обох напрямках, а на 12-й хвилині було змодельовано руйнування віконного скла, що призвело до припливу кисню й різкого підвищення температури до 850–900 °C у точках T1–T3. Найвищі температурні значення були зафіксовані у зоні письмового столу (T4, T5), де температура досягла понад 950 °C на 27–30-й хвилині, що збіглося з піковою фазою горіння. Температура біля виходу (T6) не перевищила 200 °C, що вказує на можливість евакуації у перші 20 хвилин.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 1363-1:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1363-1:2020, IDT).
2. Kerber S. Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential construction // Fire Technology. – 2010. – Vol. 46, No. 4. – P. 847–870.
3. Ma C., Du H., Luan S., Dong E., Gardner L., Gernay T. From Occurrence to Consequence: A Comprehensive Data-driven Analysis of Building Fire Risk. 2025.

УДК 614.84

МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ ІЗ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

***Олександр НУЯНЗІН**, д-р техн. наук, проф.,*
***Юлія ФЕДОРИШИНА**, ад'юнкт*
Національний Університет цивільного захисту України

В умовах воєнного стану питання функціонування та доступності захисних споруд цивільного захисту набуло особливої актуальності [1]. Водночас значна частина існуючого фонду споруд ЦЗ була запроєктована без урахування сучасних вимог безбар'єрності та потреб маломобільних груп населення (МГН). Відповідно до Національної стратегії зі створення безбар'єрного простору та вимог ДБН щодо інклюзивності і захисних споруд, необхідно забезпечити не лише формальну доступність, але й реальну можливість безпечного та своєчасного входу і виходу МГН [2–3].

Особливо складною є евакуація осіб груп мобільності М3–М4 (зокрема користувачів крісел колісних) у спорудах складної конфігурації з обмеженою шириною проходів, значними ухилами маршів та відсутністю підйомних пристроїв. Нормативні методики не повною мірою враховують неоднорідність людського потоку та поєднання різних груп мобільності в реальних умовах.

Для моделювання використано метод індивідуально-потокового руху людського потоку, який, на відміну від спрощеної аналітичної моделі, дозволяє враховувати:

- неоднорідність потоку;
- різні групи мобільності (М1–М4);
- площу горизонтальної проєкції людини;
- особливості руху по горизонтальних та похилих ділянках.

Було створено модель приміщення складної конфігурації на основі реальної споруди ЦЗ (рис. 1). Евакуаційні шляхи поділено на окремі ділянки (горизонтальні проходи, дверні прорізи, сходові марші, пандуси), для яких задавалися довжина, ширина та граничні умови відповідно до ДБН [2–3].

Розрахунки виконано для споруди місткістю 200 осіб, з яких 20 осіб – МГН (у тому числі до 10 осіб групи мобільності М4). Розглянуто чотири сценарії:

1. Базовий (повна відповідність нормам).
2. Максимально допустимі відхилення від норм.
3. Використання гусеничного підйомника (ухил до 50%).
4. Використання додаткового обладнання (ліфт або механічний підйомник).

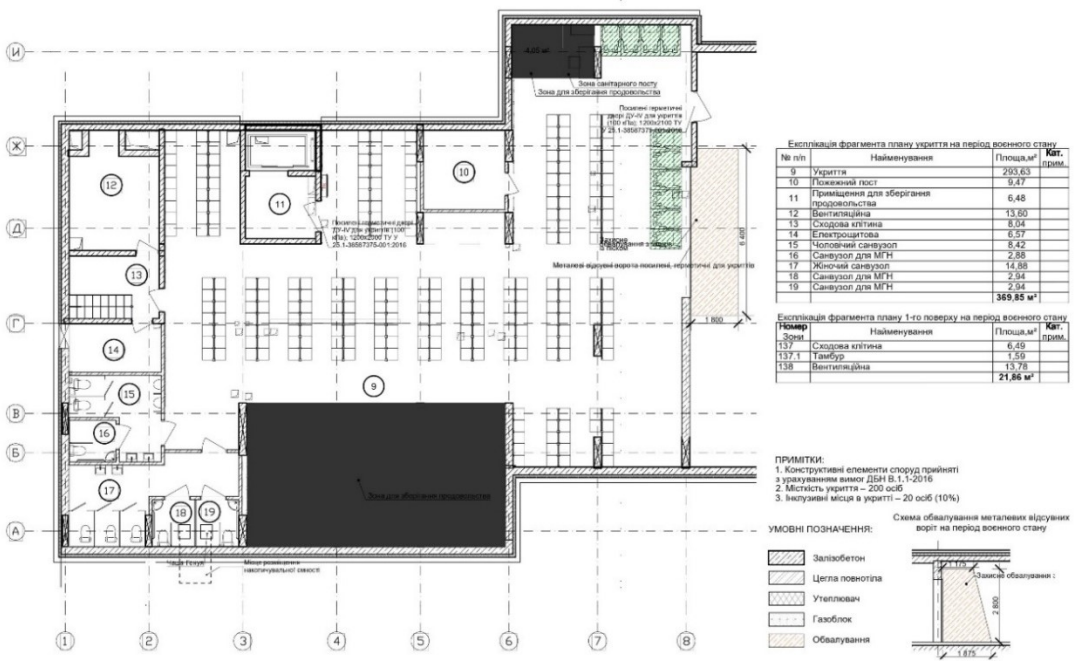


Рисунок 1 – Схема приміщення захисної споруди цивільного захисту

За результатами моделювання отримані наступні дані:

Базовий сценарій, ці значення прийнято як опорні. (нормативні параметри) [2–3]:

- час евакуації назовні – 345,8 с;
- час спуску в укриття – 267,3 с.

Максимально допустимі відхилення від норм:

- підйом – 360,5 с;
- спуск – 289,3 с.

Час збільшився відповідно на 15 с та 22 с порівняно з базовим варіантом. Навіть незначні відхилення геометричних параметрів шляхів руху призводять до вимірюваного зростання тривалості евакуації.

Використання гусеничного підйомника:

- підйом – 631,8 с;
- спуск – 784,3 с.

Час руху збільшився майже вдвічі. Незважаючи на підвищення фізичного комфорту та зниження навантаження на супроводжуючих, загальна пропускна здатність шляхів суттєво зменшується.

Додаткове обладнання (ліфт або механічний підйомник):

- підйом – 609,0 с;
- спуск – 575,5 с.

Застосування механізованих засобів покращує показники порівняно з гусеничним підйомником, однак тривалість евакуації все одно значно перевищує базовий варіант.

Отримані результати свідчать, що:

– нормативна відповідність геометричних параметрів шляхів евакуації є критично важливою для мінімізації часу руху;

– навіть допустимі відхилення негативно впливають на швидкість евакуації;

– застосування допоміжних технічних засобів підвищує інклюзивність, але суттєво знижує швидкість потоків через обмежену пропускну здатність;

– у випадку масового перебування людей використання індивідуальних підйомних пристроїв може створювати «вузькі місця» у системі евакуації.

Таким чином, при проєктуванні нових та адаптації існуючих споруд ЦЗ доцільно забезпечувати конструктивну безбар'єрність (раціональні ухили, достатню ширину проходів, мінімізацію перепадів висот), а не покладатися виключно на додаткове обладнання.

За результатами моделювання стало можливим зробити наступні висновки:

1. Час руху МГН у споруді ЦЗ, що повністю відповідає вимогам безбар'єрності, становить: 345,8 с (евакуація назовні) та 267,3 с (спуск).

2. Максимально допустимі відхилення від нормативів призводять до збільшення часу руху на 15–22 с.

3. Використання гусеничних підйомників або інших «розумних» пристосувань збільшує час руху майже вдвічі.

4. Механізовані підйомні пристрої покращують ситуацію порівняно з ручним транспортуванням, але не забезпечують рівня ефективності, характерного для нормативно спроєктованих шляхів.

5. Оптимальним підходом є поєднання архітектурної безбар'єрності та обґрунтованого застосування технічних засобів з урахуванням їх впливу на загальний час евакуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про схвалення Національної стратегії із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України; Стратегія від 14.04.2021 № 366-р.
2. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту».
3. ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення».

УДК 614.84

ДЕЯКІ ПРИЧИНИ РУЙНУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ

***Оксана МИРГОРОД**, канд. техн. наук, доц., с.н.с.,*
доц. кафедри державного нагляду
у сфері пожежної та техногенної безпеки,
***Анастасія РЕПЕТИЛО**, курсант навчально-наукового інституту*
пожежної та техногенної безпеки,
***Адріан КРИВЕШКО**, курсант навчально-наукового інституту*
пожежної та техногенної безпеки
Національний університет цивільного захисту України

Важливість залізобетонних виробів важко переоцінити. Вони є основою сучасного будівництва, забезпечуючи довговічність, стійкість і надійність будівель та інфраструктурних об’єктів. Завдяки своїй універсальності залізобетонні вироби використовуються у зведенні житлових, промислових та комерційних будівель, мостів, доріг і гідротехнічних споруд тощо.

Коли стихнуть обстріли і почнеться системна відбудова, в Україні одномоментно з'являться кілька потужних споживачів будівельних матеріалів. Але галузь, яка зараз продає лише третину від довоєнних обсягів і втратила понад 300 підприємств, може не витримати навантаження.

Будівельний ринок України все ще перебуває на етапі відновлення після падіння 2022 року. Вже у 2023 році будівельні роботи зросли більше ніж на чверть, що демонструє часткове відновлення ринку. У 2024 році ринок продемонстрував зростання в межах 22 %, до 5,5 мільярдів доларів США, що становить половину від довоєнних показників, зокрема, завдяки програмам відновлення та міжнародній фінансовій допомозі. До повномасштабної війни ринок житла був одним із найбільш динамічних сегментів будівельної галузі. Великий попит на нове житло в містах, особливо в Києві та інших великих агломераціях, стимулював будівництво багатоповерхових житлових комплексів.

В умовах сьогодення, вогнестійкість залізобетонних конструкцій визначається зміною міцності та пружно-пластичних властивостей бетону та арматурної сталі в умовах короткочасної дії високих температур (пожеж, вибухів). Враховуючи наявність великої кількості специфічних особливостей поведінки залізобетону в умовах механічного навантаження та особливості, що з’являються під час його нагрівання в тих же умовах, можна зазначити що руйнування має характер, зумовлений накопиченням ушкоджень у вигляді тріщин.

Поява тріщин та їх розвиток спричиняє різний перерозподіл внутрішніх зусиль для різних функціональних елементів залізобетонних

конструкцій. Умовно можна розділити на елементи, які працюють в умовах стискання (колони, стойки та ін.), елементи, які працюють на згин (балки, ригелі, плити перекриттів та ін.), елементи, які працюють в умовах сумісної дії деформацій (елементи каркасів, рам, ферм та ін.).

Для працюючих на згин вільно опертих по двох сторонах (статично визначених) залізобетонних елементів конструкцій вирішальним фактором, що визначає необоротне зниження їх міцності та жорсткості в умовах пожежі є поведінка за даних умов арматурних сталей. При вогневій дії пожежі на зігнутий елемент на початкових стадіях відбувається прогрівання внутрішніх шарів бетону, при цьому в цих шарах відбувається закриття тріщин за рахунок температурного розширення. Із зростанням температури у внутрішніх шарах відбувається нагрів арматури і при досягненні нею температури 450–500 ^{0}C арматурна сталь набуває стану текучості, тобто зростання деформацій при сталих внутрішніх зусиллях. При цьому на фоні додаткового зменшення міцності бетону внаслідок нагрівання втрачається стійкість тріщин и вони починають розвиватись.



Рисунок 1– Приклад руйнування зовнішньої стіни
(Харків, Північна Салтівка, серпень 2025)

Можна зазначити, що вогнестійкість зігнутих елементів визначається часом прогріву робочої арматури до критичної температури, що відповідає тому моменту, коли опір арматури знижується до величини напружень, які виникають в ній від нормативного навантаження. Окрім того, велике значення для збереження монолітності залізобетону при нагріванні має величина зчеплення сталевої арматури з бетоном. І нарешті суттєвий вплив на поведінку залізобетону при нагріванні має зниження модуля пружності сталі при нагріванні.

Варто відзначити, що зчеплення звичайного бетону з гладкою арматурою при нагріванні до 100°С зберігається на рівні 75% від початкової величини, а при 450°С це зчеплення практично повністю порушується. Для арматури періодичного профілю при температурі до 250°С зчеплення з бетоном не знижується, а при температурі 450°С воно складає близько 75% від початкової величини.

Для центрально та відцентрово стиснутих залізобетонних елементів втрата несучої здатності в умовах пожежі обумовлена нерівномірним по перетину елемента зниженням міцності і зростанням повзучості бетону при нагріванні. При вогневій дії пожежі на початкових стадіях пожежі в стиснутих елементах також відбувається закриття тріщин внаслідок температурного розширення. Після цього температурні напруження зростають і найбільш прогріті зовнішні шари накопичують ушкодження при зменшенні їхньої міцності. Це приводить до того, що для їх деформування потрібне набагато менше зусилля. Таким чином, основну частину навантаження сприймає менш ушкоджена внутрішня частина. При цьому стиснутий елемент може перейти до деформації поздовжнього згину. Подальше накопичення ушкоджень приводить до локального подрібнення бетону. В місці найбільшої кількості пошкоджень бетон випучується разом з арматурними стержнями і можна вважати, що в цьому місці утворюється пластичний шарнір. Після цього може відбутися обвалення стиснутого елементу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 08.09.2023 № 965 Про затвердження Порядку розслідування аварій на об`єктах підвищеної небезпеки.
2. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги.
3. ДСТУ Б В.3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд.

УДК 614.841

ЗАПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО МЕХАНІЗМУ КОНТРОЛЮВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ЕКСПЛУАТУВАННЯ

***Руслан КЛИМАСЬ**, канд. техн. наук, старший дослідник,*
***Олександр ДОБРОСТАН**, канд. техн. наук, старший дослідник,*
***Олексій РАТУШНИЙ**, науковий співробітник*
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту НУЦЗ України

У *Загальних вимогах пожежної безпеки до утримання територій, будинків, приміщень, споруд, евакуаційних шляхів і виходів* «Правил пожежної безпеки в Україні» (п. 2.5 розд. 3) [1] зазначено, що у будинках, крім будинків V ступеня вогнестійкості, дерев’яні елементи горищних

покриттів (крокви, лати) повинні оброблятися засобами вогнезахисту, які забезпечують І-шу групу вогнезахисної ефективності; необхідність обробляння засобами вогнезахисту дерев'яних елементів інших конструкцій будинків визначається відповідними нормативними документами за видами будинків.

Із «Правил з вогнезахисту» відомо, що вогнезахисним обробляннням називають спеціальне обробляння матеріалу, конструкції, виробу з метою їх вогнезахисту (п. 2 розд. І) [2]. Вогнезахист – це зниження показників пожежної небезпечності матеріалу (тканина, папір, очерет, облицювальні та оздоблювальні будівельні матеріали, сценічні декорації) або підвищення вогнестійкості конструкції (несучі та огороджувальні будівельні конструкції будинків і споруд) чи виробу (повітроводи, проходки, електричні кабелі).

З метою підвищення вогнестійкості дерев'яних конструкцій використовують лаки, фарби, штукатурки, обмазки, плівкові покриття, вогнестійкі панелі, листи, плити тощо. Втім, найпоширенішими є вогнезахисні просочення та вогнезахисні покриття на основі органічних зв'язувальних [3].

Основні вимоги щодо виконання робіт з вогнезахисту матеріалів, виробів, будівельних конструкцій та перевірки відповідності вогнезахисту, а також вимоги щодо забезпечення експлуатаційної придатності вогнезахисних покривів (просочування, облицювання) та виробів установлюються «Правилами з вогнезахисту» [2].

Відповідно до вимог п. 1 розд. IX «Правил з вогнезахисту» [2] перевірка відповідності вогнезахисту здійснюється згідно з вимогами чинного законодавства на таких етапах:

- під час виконання робіт з вогнезахисного обробляння (до закриття конструкцій);
- після завершення виконання робіт з вогнезахисного обробляння;
- упродовж експлуатації вогнезахисного покриву (просочування, облицювання) та виробу;
- після закінчення строку експлуатації вогнезахисного покриву (просочення, облицювання) та виробу.

Ще донедавна (кінець 2025 року) одним із методів перевірки якості вогнезахисту дерев'яних конструкцій був експрес-метод, встановлений пунктом 5.7 ГОСТ 30219 [4], що застосовувався для визначення якості вогнезахисту для поверхневого способу просочування. Суть цього експрес-методу полягала у піддаванні стружки деревини кількістю не менше десяти, зрізаної зі зразків вогнезахищеної деревини, впливу полум'я сірника впродовж 15 с і визначенні часу самостійного горіння та тління. Поверхнева вогнезахисна обробка вважалася якісною, а вогнезахищена деревина такою, що відповідає ІІ-й групі ефективності вогнезахисту, якщо після видалення джерела вогню не менше ніж 90 % зразків не будуть підтримувати самостійного горіння та тління.

Разом із тим, Національним органом стандартизації на виконання низки законодавчих актів і рішень Уряду наказом ДП «УкрНДНЦ» від 29.08.2025 № 241 «Про скасування міждержавних стандартів» чинність ГОСТ 30219 [4] скасовано з 01 січня 2026 року.

Проведені декілька років тому дослідження [5] виявили потребу в удосконаленні методу визначення вогнегасної здатності вогнезахисних засобів з обґрунтуванням необхідності фіксування температури димових газів, часу самостійного горіння (тління) та часу проведення випробувань.

Одним із кроків по запровадженню нового механізму контролю вогнезахисної ефективності вогнезахисних матеріалів стало прийняття Національним органом стандартизації наказом ДП «УкрНДНЦ» від 28.05.2024 № 186 «Про прийняття та скасування національного стандарту» національного стандарту ДСТУ 9291:2024 *Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об'єктів вогнезахисту* [6], з наданням йому чинності з 01 березня 2025 року; цим же наказом скасовано чинність з 01 вересня 2025 року національного стандарту ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 *Захист від пожежі. Вогнезахисне обробляння будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання* [7].

Національний стандарт ДСТУ 9291 [6] установлює методи контролювання вогнезахисних засобів (покривів і просочень), нанесених на об'єкт вогнезахисту (дерев'яні, металеві та бетонні конструкції), для їх подальшого експлуатування.

Вибір методів контролювання вогнезахисних засобів обумовлено можливістю створення експериментальних зразків малих розмірів із проб, взятих із об'єктів вогнезахисту. Методи контролювання, наведені в ДСТУ 9291 [6], дають можливість виявити непридатність вогнезахисних засобів, нанесених на об'єкт вогнезахисту, для подальшого експлуатування.

Так, для контролювання придатності просоченої деревини для подальшого експлуатування застосовують метод контролювання за температурою займання та метод контролювання за ознакою самостійного горіння. За результатами, отриманими за цими методами, визначають придатність для подальшого експлуатування будівельних конструкцій із деревини, просочених певним вогнезахисним засобом.

Будівельні конструкції з деревини, просочені певним вогнезахисним засобом, вважають непридатними для подальшого експлуатування, якщо виконується одна з таких умов:

1) значення температури займання, отримане за методом контролювання за температурою займання (п. 5.1.1 ДСТУ 9291 [6]), є меншим за величину, яка дорівнює 85 % температури займання, що наведена підприємством-виробником у регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний

вогнезахисний засіб, або меншим ніж 355 °С (у разі відсутності значення температури займання в регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб);

2) більше ніж 10 % випробуваних зразків за методом контролювання за ознакою самостійного горіння (п. 5.1.2 ДСТУ 9291 [6]) підтримують самостійне полуменеве горіння та/чи тління.

Для контролювання придатності вогнезахисних покривів для будівельних конструкцій із деревини застосовують метод контролювання температури самозаймання. За результатами, отриманими за цим методом, визначають придатність для подальшого експлуатування будівельних конструкцій із деревини, оснащених певним вогнезахисним покривом.

Будівельні конструкції з деревини, оснащені певним вогнезахисним покривом, вважають непридатними для подальшої експлуатації, якщо виконується така умова:

– значення температури самозаймання, отримане за методом контролювання температури самозаймання (п. 5.2.1 ДСТУ 9291 [6]), є меншим за величину, яка дорівнює 85 % температури самозаймання, що наведена підприємством-виробником у регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб, або меншим ніж 420 °С (у разі відсутності значення температури самозаймання в регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб).

Для контролювання придатності вогнезахисних покривів, нанесених на об’єкт вогнезахисту, для подальшого експлуатування, створених із пасивних вогнезахисних матеріалів, для будівельних конструкцій із металу або бетону застосовують метод контролювання товщини вогнезахисного покриву. За результатами, отриманими за цим методом, визначають придатність для подальшої експлуатації будівельних конструкцій із металу або бетону, оснащених певним вогнезахисним покривом із пасивного вогнезахисного матеріалу.

Будівельні конструкції з металу або бетону, оснащені певним вогнезахисним покривом із пасивного вогнезахисного матеріалу, вважають непридатними для подальшої експлуатації, якщо виконується одна з таких умов:

1) середнє арифметичне значення товщини вогнезахисного покриву, нанесеного на будівельну конструкцію, виміряної за методом контролювання товщини вогнезахисного покриву (п. 5.2.2 ДСТУ 9291 [6]), менше проєктного значення;

2) одне або кілька значень товщини вогнезахисного покриву з плит, панелей, матів, виміряних за методом контролювання товщини вогнезахисного покриву (п. 5.2.2 ДСТУ 9291 [6]), менше ніж 85 % проєктного значення;

3) одне або кілька значень товщини вогнезахисного покриву, нанесеного методом розпилювання (штукатурки, спреї), виміряної за методом контролювання товщини вогнезахисного покриву (п. 5.2.2 ДСТУ 9291 [6]), менше ніж 80 % проєктного значення.

Для контролювання придатності вогнезахисних покривів, нанесених на об'єкт вогнезахисту, для подальшого експлуатування, створених із реактивних вогнезахисних матеріалів, для будівельних конструкцій із металу або бетону застосовують метод контролювання товщини вогнезахисного покриву та метод контролювання об'ємного коефіцієнта спучування. За результатами, отриманими за цими методами, визначають придатність для подальшої експлуатації будівельних конструкцій із металу або бетону, оснащених певним вогнезахисним покривом з реактивного вогнезахисного матеріалу.

Будівельні конструкції з металу або бетону, оснащені певним вогнезахисним покривом із реактивного вогнезахисного матеріалу, вважають непридатними для подальшої експлуатації, якщо виконується одна з таких умов:

1) середнє арифметичне значення товщини вогнезахисного покриву, що нанесено на будівельну конструкцію, виміряної за методом контролювання товщини вогнезахисного покриву (п. 5.2.2 ДСТУ 9291 [6]), менше проєктного значення;

2) середнє арифметичне значення товщини вогнезахисного покриву на поверхні кожної частини елемента конструкції (полиці, ребра, стінці), виміряної за методом контролювання товщини вогнезахисного покриву (п. 5.2.2 ДСТУ 9291 [6]), менше ніж 80 % проєктного значення;

3) більше 10 % всіх виміряних за методом контролювання товщини вогнезахисного покриву (п. 5.2.2 ДСТУ 9291 [6]) значень товщини вогнезахисного покриву на поверхні будь-якої частини елемента конструкції менш ніж 80 % проєктного значення;

4) одне або кілька виміряних за методом контролювання товщини вогнезахисного покриву (п. 5.2.2 ДСТУ 9291 [6]) значень товщини вогнезахисного покриву менше ніж 50 % проєктного значення;

5) значення об'ємного коефіцієнта спучування, отримане за методом контролювання об'ємного коефіцієнта спучування (п. 5.2.3 ДСТУ 9291 [6]), менше ніж 85 % значення об'ємного коефіцієнта спучування, що наведено підприємством-виробником у регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб.

Окремо зазначено, що для перевіряння виконання останньої умови потрібно застосовувати лише ті значення об'ємного коефіцієнта спучування, наведені в регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб, які було визначено за методом контролювання об'ємного коефіцієнта спучування, встановленого п. 5.2.3 ДСТУ 9291 [6]. Застосування для цього

перевіряння значень об’ємного коефіцієнта спучування, отриманих із відхилом від положень, наведених у п. 5.2.3 ДСТУ 9291 [6], наприклад, за масою та кількістю зразків, є неприйнятним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження *Правил пожежної безпеки в Україні*: наказ МВС від 30 грудня 2014 р. № 1417 (зареєстрований у Мін’юсті 05.03.2015 за № 252/26697). *Офіційний вісник України*, 2015 р., № 26, ст. 767.
2. Про затвердження *Правил з вогнезахисту*: наказ МВС від 26 грудня 2018 р. № 1064 (зареєстрований у Мін’юсті 14.03.2019 за № 259/33230). *Офіційний вісник України*, 2019 р., № 26, ст. 938.
3. Пархоменко В.-П.О., Борисяк П.Б., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. Технологія вогнезахисту деревини покриттям на основі модифікованих епоксіамінних композицій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К., 2022. № 1 (13). С. 80-87. DOI: https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.1.80-87.
4. Міждержавний стандарт ГОСТ 30219-95 *Древесина огнезащищённая. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение*. Дата введення в Україні: 1998-01-01. К.: Держстандарт України, 1997. 24 с.
5. Коваленко В.В., Добростан О.В., Тимошенко О.М., Борисова А.С. Удосконалення методу випробувань з визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних засобів. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К., 2022. № 2 (14). С. 44-51. DOI: https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2.44-51.
6. Національний стандарт ДСТУ 9291:2024 *Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об’єктів вогнезахисту*. Чинний від: 2025-03-01. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2025. 11 с.
7. Національний стандарт ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 *Захист від пожежі. Вогнезахисне обробляння будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання*. Чинний від: 2011-11-01. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 9 с.

УДК 614.84

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ БЛОКА КОРЕКЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖОГАСІННЯМ ПОЖЕЖ КЛАСУ В

Валерій КОЛОМІЄЦЬ
Національний університет цивільного захисту України

Ефективність систем пожежогасіння пожеж класу В значною мірою визначається часом гасіння, який залежить не лише від властивостей вогнегасної речовини, а й від динамічних характеристик системи управління. Більшість експериментальних і числових досліджень розглядають процес гасіння як локальну операцію без урахування

інерційних властивостей елементів системи пожежогасіння, що обмежує можливості аналітичного прогнозування її ефективності [1–5].

Перспективним підходом до підвищення ефективності таких систем є використання принципу динамічної компенсації інерційних властивостей функціональних елементів системи управління пожежогасінням.

У структурі системи управління пожежогасінням блок корекції виконує функцію компенсації інерційних властивостей її елементів. Узагальнена передаточна функція блока корекції має вигляд [6]:

$$W_K(p) = (p^2 + 1{,}5p + 1)^{-2} \prod_{i=1}^{4} (\tau_i p + 1) \qquad (1)$$

де τ_i – і-та постійна часу; p – комплексна змінна.

Передаточна функція (1) реалізується на основі двох базових типів динамічних ланок – аперіодичної та безінерційної, передаточні функції яких можуть бути подані у вигляді:

$$W_{K0}(p) = (p^2 + 1{,}5p + 1)^{-1}; \;\; W_{Ki}(p) = \tau_i p + 1. \qquad (2)$$

$$W_{Ki}(p) = C(\tau_i p + 1)(\tau_i p + 1 + C)^{-1}, \qquad (3)$$

яка за умови, що $C >> 1{,}0$ трансформується до вигляду

$$W_{Ki}(p) = \tau_i p + 1 \;, \qquad (4)$$

Передаточна функція $W_{K0}(p)$ реалізується за допомогою структурно-динамічної схеми, яка наведена на рис. 1.

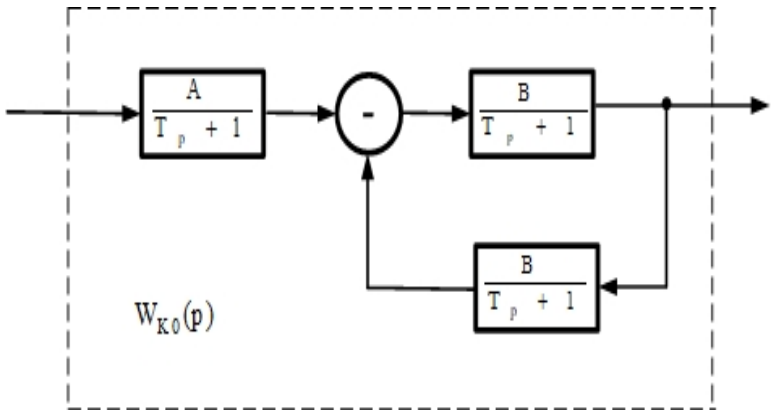


Рисунок 1 – Структурно динамічна схема динамічного елемента із передаточною функцією

На основі цих ланок побудовано структурно-динамічну схему блока корекції системи управління пожежогасінням.

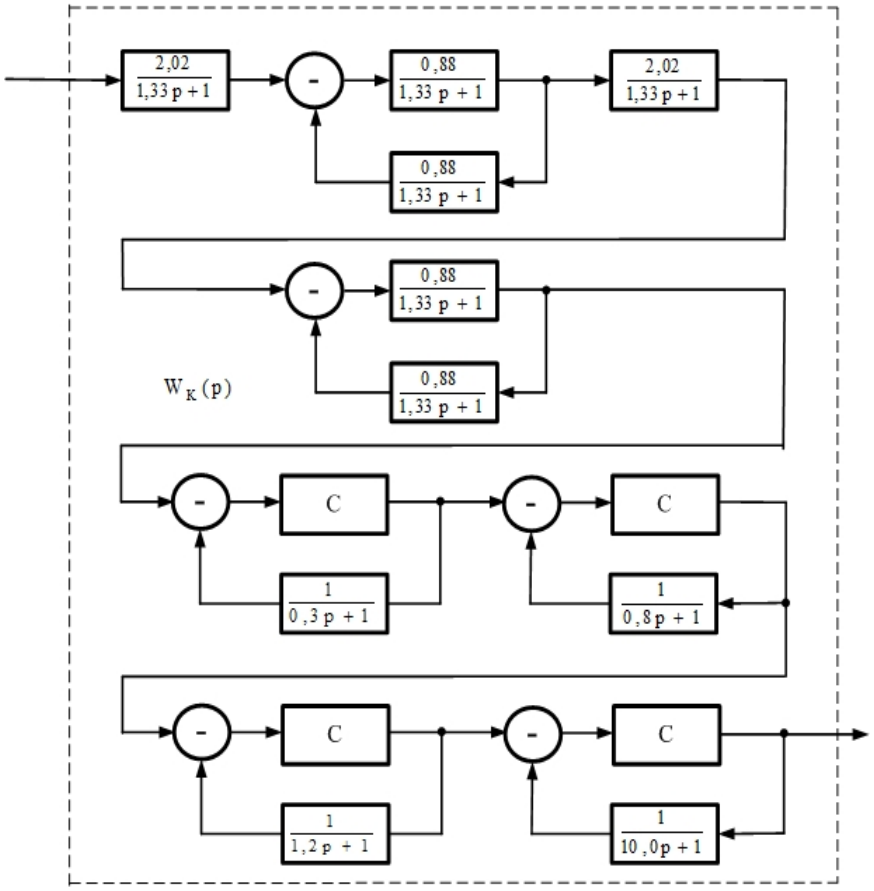


Рисунок 2 – Структурно-динамічна схема блока корекції системи управління пожежогасінням

Базова схема забезпечує необхідні динамічні характеристики, однак її технічна реалізація потребує значної кількості елементів. З метою спрощення структури виконано апроксимацію передаточної функції блока корекції з обмеженням ступеня полінома Гурвіца до третього.

У результаті застосування minimax-апроксимації на основі алгоритму Ремеза отримано спрощену передаточну функцію:

$$W_{Km}(p) = (3{,}38p^2 + 10{,}64p + 1)(0{,}007p^3 + 1{,}09p^2 + 1{,}14p + 1)^{-1} \qquad (5)$$

яка забезпечує мінімальну похибку наближення.

Порівняння методів апроксимації показало, що похибка при використанні Pade-апроксимації не перевищує 6,7 %, тоді як при застосуванні minimax-апроксимації вона не перевищує 2,1 %.

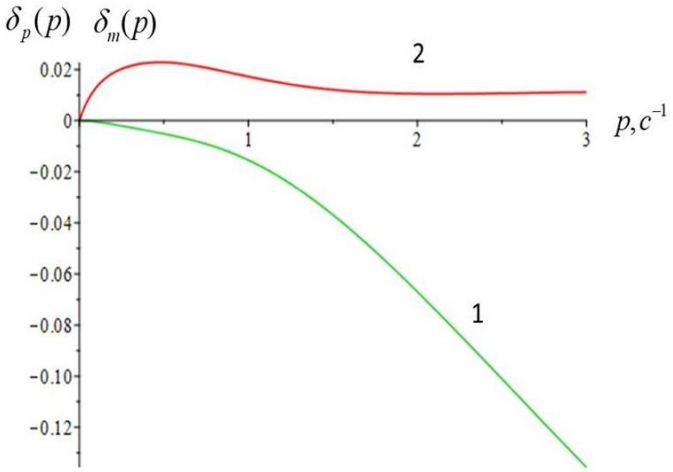


Рисунок 3 – Похибка розбіжності передаточних функцій при різних методах апроксимації

На основі апроксимованої передаточної функції побудовано модифіковану структурно-динамічну схему блока корекції.

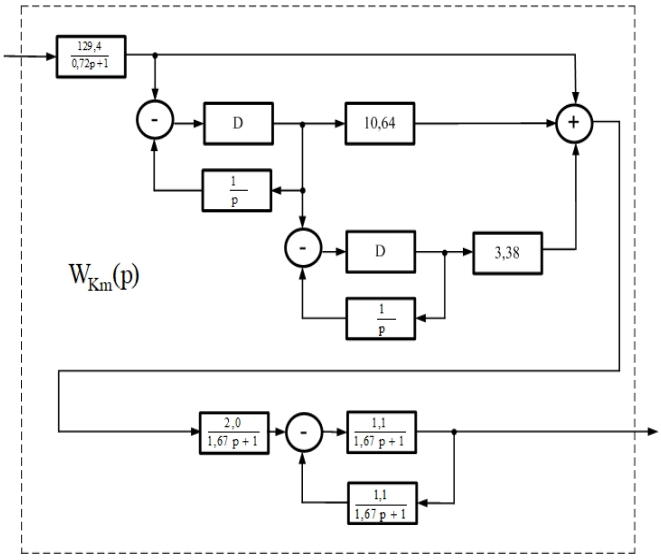


Рисунок 4 – Спрощена структурно-динамічна схема блока корекції

Технічна реалізація спрощеного блока корекції здійснюється з використанням операційних підсилювачів та елементів R і C. Для реалізації модифікованої схеми необхідно 10 операційних підсилювачів, 21 резистор та 6 конденсаторів. Як елементну базу можуть бути використані операційні підсилювачі серій К140УД, К153УД або К553УД.

Показано, що при визначенні часу гасіння пожежі класу В із використанням системи управління пожежогасінням, до складу якої входить модифікований блок корекції, похибка розбіжності не перевищує 0,6 % порівняно з початковою передаточною функцією.

Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні ефективних систем пожежогасіння з апріорі заданими динамічними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Котов А.Г. Пожежогасіння та системи безпеки. Київ, 2003.
2. Liu Y. et al. The investigation of the water mist suppression pool fire process's flame expansion characteristics // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2023.
3. Shrigondekar H., Chowdhury A., Prabhu S.V. Performance by Various Water Mist Nozzles in Extinguishing Liquid Pool Fires // Fire Technology. 2021.
4. Jeong C.S., Lee C.Y. Experimental investigation on spray characteristics of twin-fluid nozzle // Process Safety and Environmental Protection. 2021.
5. Liu T. et al. Influence of Water Mist Temperature Approach on Fire Extinguishing Effect // Processes. 2022.
6. Абрамов Ю.О., Коломієць В.С., Собина В.О. Структурний синтез мобільної пожежної установки // Комунальне господарство міст. 2024.

UDC 614.8

IMPROVEMENT OF THE SLOT NOZZLE DESIGN FOR GENERATING WATER JETS OF UNIFORM THICKNESS

***Serhii STAS**, PhD (Engineering), Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine*
***Maria RAYKOVA**, PhD, Technical University of Gabrovo, Bulgaria*

Nozzle branches and nozzles are typically the terminal elements of systems that deliver extinguishing agents to the fire seat or to a cooling zone. Unlike sprinklers, they can be applied operationally – at the required time and in the required location. Sprinklers are the terminal elements of water fire extinguishing systems. In most cases, they are installed permanently and are not intended to be relocated during operation. In a slot-type sprinkler, the water flow is formed through a slit orifice, the cavity of which may be oriented parallel, perpendicular, or at any angle relative to the sprinkler axis.

Another significant difference between fire nozzles and sprinklers is the direction of the extinguishing agent supply. For nozzle branches and nozzles, the agent is discharged vertically upward or at an angle to the horizontal, whereas in sprinklers the discharge is generally directed from top to bottom. An essential condition for the effective use of slot-type nozzles, tips, and sprinklers is the formation and delivery of finely atomized liquid, primarily water, to the combustion zone or the thermal protection zone, with droplet diameters up to 150 μm.

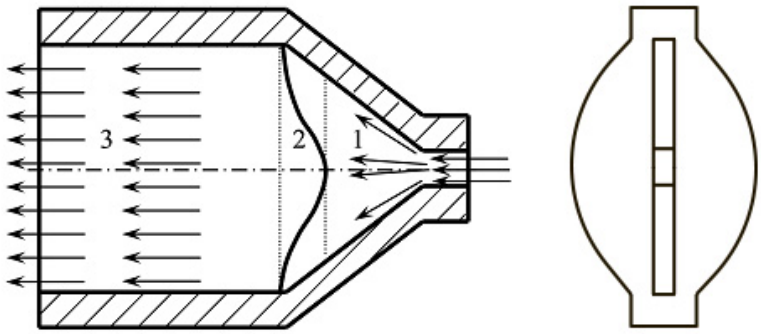


Fig. Triangular-type flat-slot nozzles

The transition channel is shaped to ensure equal hydraulic resistance along the flow path from the inlet to the nozzle head to any point of the outlet slit. In this configuration, the flow is partially throttled in the central part of the cross-section and intensified near the edges of the slit.

Uniform thickness of the resulting water curtain is achieved by a design known as a “fish-tail” configuration. The head shown in the figure belongs to this type. Within zone 2 the flow-forming channel contains sections of different heights (smaller in the section located closer to the outlet slit). At the same time, the length of the sections with greater height along the flow path continuously increases with the length of the flow line. This ensures equal hydraulic resistance along all flow lines within zones 1–2.

As a result, uniform pressure and flow rate distribution across the width of the forming channel (zone 3) is ensured at its inlet.

To obtain a uniform flow rate of the extinguishing agent along the entire length of the nozzle slot, a triangular-type flat-slot nozzle can be used. Flow equalization is achieved either by varying the slot length (the “fish-tail” method) or by varying the slot height.

REFERENCES

1. Stas, S. V., & Kolesnikov, D. (2021). Velocity characteristics of a water jet at the outlet of a fire nozzle. Proceedings of the Scientific and Technical Conference “Hydroaeromechanics in Engineering Practice,” (26), 217–219. https://confproc.pgm.kpi.ua/article/view/240510.
2. Yakhno O., Stas S., Gnativ R. Taking into account the fluid compressibility at its unsteady flow in pressure pipelines of fire extinguishing systems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2015, vol. 3, no. 7 (75), pp. 38–42. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42447

УДК 614.876:504.054:630.43

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА СЦЕНАРІЇ РАДІОАКТИВНИХ ПОЖЕЖ

Віталій СЛОВІНСЬКИЙ*, канд. техн. наук*
Черкаський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр
МВС України

Після Чорнобильської катастрофи значні території України зазнали тривалого радіоактивного забруднення. У межах цих територій періодично виникають пожежі в лісах, на торфовищах і луках, що зумовлює формування явища радіоактивних пожеж. Такі пожежі є джерелом вторинного радіоактивного забруднення навколишнього середовища та становлять потенційну небезпеку як для населення прилеглих регіонів, так і для більш віддалених територій.

У процесі радіоактивних пожеж відбувається термічне руйнування забруднених горючих матеріалів із подальшим утворенням радіоактивних аерозолів і переходом частини радіонуклідів у газоподібну фазу. За високих температур горіння ці продукти виносяться газодимовим факелом пожежі за межі осередку горіння. Характер і масштаби вторинного забруднення визначаються дисперсністю аерозольних частинок, метеорологічними умовами та параметрами самої пожежі.

Залежно від характеру перенесення радіоактивних речовин виділяють «ближній» і «дальній» сліди радіоактивної пожежі. У межах ближнього сліду відбувається випадіння на земну поверхню крупнодисперсних і частково дрібнодисперсних аерозолів, що призводить до підвищення радіоактивного забруднення ґрунту та повітря. Радіаційний фон у цій зоні формується як за рахунок осілих аерозолів, так і за рахунок радіоактивності газодимового факела.

Дальній слід радіоактивної пожежі характеризується перенесенням дрібнодисперсних аерозолів, які тривалий час не осаджуються та можуть поширюватися на значні відстані з повітряними потоками. У цій зоні підвищення радіаційного фону зумовлене виключно радіоактивністю газодимового шлейфу без істотного випадіння частинок на поверхню. Історичні приклади великих лісових пожеж 1992–1993 років підтверджують можливість значного зростання радіоактивності приземних шарів атмосфери навіть у країнах, віддалених від джерела пожежі.

Ключовою проблемою оцінювання вторинного радіоактивного забруднення є визначення кількості радіоактивних речовин, що переходять у газодимовий факел під час пожежі. Найбільш обґрунтованим підходом є використання балансу радіоактивності на площі пожежі до та після її виникнення. Такий підхід дає змогу кількісно оцінити частку

радіонуклідів, винесених у повітря, і частку, що залишилася у вигляді золи та недопалу. Тому застосування балансу радіоактивності є базовою передумовою методики прогнозування наслідків радіоактивних пожеж.

Важливим чинником вторинного забруднення є вітрова ерозія золи та недопалу, що залишаються на згарищі після пожежі. За сильних вітрів, смерчів або пилових бур радіоактивні частинки можуть повторно потрапляти в атмосферу й переноситися на значні відстані. Локальні або регіональні пилові радіоактивні бурі розглядаються як один із найнебезпечніших сценаріїв вторинного радіоактивного забруднення, що потребує обов'язкового врахування в прогнозних моделях.

Особливістю прогнозування радіоактивних пожеж є неможливість заздалегідь визначити місце, час, тривалість і метеорологічні умови їх виникнення. У зв'язку з цим доцільним є сценарний підхід до прогнозування. Запропоновано виділяти песимістичний сценарій, що передбачає найнесприятливіші умови поширення радіоактивних речовин; оптимістичний сценарій, який відповідає сприятливим умовам для конкретної місцевості; а також середній сценарій, що базується на найбільш імовірних середньостатистичних показниках.

Аналіз статистичних даних про пожежі, що виникали після Чорнобильської катастрофи, свідчить про їх регулярну повторюваність не лише в зоні відчуження, а й у прилеглих районах Житомирської, Київської та Чернігівської областей. Це зумовлює необхідність урахування ймовірності виникнення пожеж, їх площі та тривалості під час оцінювання ризиків вторинного радіоактивного забруднення.

Отже, комплексне врахування балансу радіоактивності, можливостей вітрової ерозії та сценарного підходу до прогнозування дозволяє підвищити обґрунтованість оцінок наслідків радіоактивних пожеж і забезпечити ефективне планування заходів радіаційної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаркавий С.Ф. Методика прогнозування вторинного забруднення радіонуклідами в результаті лісових радіоактивних пожеж : дис. … канд. техн. наук : 21.06.01 «Екологічна безпека». Харків : Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, 2003.
2. Кучма М. Д., Федотов І. С., Архіпов М. П., Пастернак П. С. Еколого-лісівничі наслідки радіоактивного забруднення лісових масивів зони відчуження ЧАЕС // Лісівництво і агромеліорація. Київ : Урожай, 1994. Вип. 88. С. 12–19.

УДК 699.85

СПОРУДИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ЕНЕРГООБ'ЄКТІВ: КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ОЦІНКА ВИТРАТ

***Олександр САВЧЕНКО**, канд. техн. наук,*
старший науковий співробітник,
***Артем ЩЕРБИНА**, студент навчально-наукового*
інституту цивільного захисту
Національний університету цивільного захисту України

Досвід війн та збройних конфліктів XX-XXI століть свідчить, що нанесення повітряних ударів по промислових, енергетичних та інфраструктурних об'єктах є ефективним інструментом для досягнення стратегічних цілей. Прикладами є масивне бомбардування союзниками у 1942-1945 роках Німеччини, 1944-1945 роках бомбардування Японії (у тому числі застосування ядерної зброї), операція НАТО «Союзна сила» проти Югославії 1999 рік, операція «Шок та трепет» проти Іраку у 2003 році. Очевидно, що сьогодні, проти України застосовується аналогічна стратегія з поправкою на сучасний рівень технологій, з тенденцією до інтенсифікації ударів.

За даними роботи [1] станом на листопад 2024 року збитки України у секторі енергетики становлять $16,1 млрд, збитки в активах промисловості, послуг та будівництва – $14,4 млрд. Такі масштаби втрат призвели до необхідності швидких, і відносно недорогих інженерних рішень, здатних зменшувати ймовірність ураження та обсяг вторинних руйнувань енергетичних об'єктів. В роботі [2] запропоновано концепцію захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від засобів повітряного нападу. Концепція передбачає вимоги та конструктивні рішення для трьох рівнів споруд інженерного захисту (СІЗ):

перший рівень – захист від поодиноких непрямих влучань БпЛА на відстані понад 5 метрів від СІЗ та поодиноких непрямих влучань ракети на відстані понад 15 метрів від СІЗ; для об'єктів морської та річкової критичної інфраструктури (ОМРКІ) – додатково від поодиноких непрямих влучань безпілотних плавучих апаратів (БпПА) та торпед на відстані понад 5 метрів від СІЗ;

другий рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛАта поодиноких непрямих влучань ракети на відстані понад 15 метрів від СІЗ; для ОМРКІ – додатково від поодиноких прямих влучань БпПАта торпед;

третій рівень – захист від поодиноких прямих влучань БпЛАта поодиноких прямих влучань ракети у СІЗ; для ОМРКІ – додатково від поодиноких прямих влучань БпПАта торпед.

Аналіз відкритих джерел щодо наслідків застосування засобів повітряного нападу (крилаті й балістичні ракети, БпЛА типу «камікадзе» тощо) свідчить, що найчастіше ураження критичних елементів (КЕ) об'єктів енергосистеми відбувається ударною хвилею та уламками, хоча фіксуються і прямі влучення. Імовірність та ступінь ураження КЕ залежать від характеристик засобів ураження, способу наведення, габаритних розмірів критичного елемента та віддалення точки вибуху, а також від рівня інженерного захисту об'єкта.

Найбільш уразливими є теплоелектростанції та трансформаторні розподільчі підстанції високої напруги, а також гідротехнічні споруди гідроелектростанцій. До КЕ, що потребують посиленого захисту, належать автоматичні розподільчі системи, енергогенеруючі блоки з трансформаторами, автоматизовані трансформаторні підстанції та греблі з енергоблоками ГЕС.

Оскільки влаштування перекриття над окремими КЕ часто є неможливим, одним із найменш трудомістких і водночас ефективних підходів є зведення штучних захисних перешкод по периметру. Такі перешкоди зменшують вплив бічного ураження ударною хвилею та уламками у разі наближеного вибуху, а також можуть застосовуватися з використанням підручних рухомих/нерухомих засобів або збірних елементів. В роботі проведено аналіз варіантів СІЗ КЕ об'єктів енергосистеми та проведено загальну оцінку вартості таких робіт. Всі дані для розрахунків та ілюстрації взято із відкритих джерел. Узагальнення ключових рішень, орієнтовні оцінки вартості виконано для об'єкта 20×20 м (периметр 80 м) та висотою 3 м.

Варіант 1 – Захисні перешкоди з залізничного рухомого складу та/або транспортних контейнерів. Навколо КЕ встановлюють списані вагони/контейнери (у т.ч. у два яруси) та заповнюють їх ущільненим піском або ґрунтом. Простір під вагонами додатково заповнюють мішками/біг-бегами з піском. Для обслуговування залишають прохід для персоналу (до 0,70 м).

Варіант 2 – Збірні перешкоди з біг-бегів або габіонів (аналог Hesco bastion) та/або залізобетонних плит. Перешкоди формують у 2–3 яруси (біг-беги) або у вигляді піраміди/двоярусного розташування (габіони), забезпечуючи перекриття відкритих боків і перевищення висоти перешкоди над висотою критичного елемента не менш ніж на 0,5 м (рис. 1).



Рисунок 1 – Збірні перешкоди (конструкція із габіонів) [2]

Варіант 3 – Укриття типу «Саркофаг». Використовується кілька типів рішень: з металевими колонами/фермами, з обшивкою металевими листами, із засипанням ґрунтом на покрівлі або без нього, а також комбіновані варіанти з габіонів, залізобетонних плит перекриття та мішків із піском.

Варіант 4 – Підвісні ланцюгові екрани. Сіткові ланцюгові перешкоди підвішують на опорах (наприклад, знеструмлених ЛЕП) на ймовірних маршрутах польоту крилатих ракет. Механічна взаємодія з екраном може пошкоджувати елементи наведення та збивати засіб ураження з маршруту.

Варіант 5 – Пасивний захист із металевих опор та геотекстильної/комбінованої перехоплюючої сітки.

Варіант 6 – Просторові захисні каркаси з використанням сіток. Сіткові системи застосовують для зміни траєкторії/фрагментації засобів ураження або для захисту горизонтальних площин від падіння предметів..

Варіант 7 – Кутові відбивачі. Захист досягається спотворенням радіолокаційної обстановки та імітацією радіолокаційного фону об’єкта кутовими відбивачами (наземні – типу «Кут», надводні – типу «Піраміда»). Рішення відносно недороге за матеріалом (метал), але потребує грамотного розміщення групами й узгодження з типом загрози та умовами місцевості; у комплексі з маскуванням може знижувати ймовірність точного наведення.

Варіант 8 – Захисні перешкоди з ґрунтових валів. Вали формують із піску/ґрунту (ухил відкосів орієнтовно 1:1), доставляючи матеріал автосамоскидами, розрівнюючи бульдозером і ущільнюючи котками.

Орієнтовна вартість організації інженерного захисту за різними варіантами захисту для обраного типового габариту 20×20 м наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Орієнтовна вартість влаштування споруд інженерного захисту для типового габариту 20×20 м та висотою 3 м

Варіант захисту	**Перелік основних матеріалів**	**Перелік основних робіт та техніки**	**Вартість, час на зведення**
1. Перешкоди з залізничного рухомого складу та/або транспортних контейнерів.	Контейнери б/в, вагони б/в, пісок, ґрунт.	Засипка, ущільнення; кран або маніпулятор, навантажувач.	Від 1,2 млн грн, 3-5 діб.
2. Збірні перешкоди з біг-бегів або габіонів.	Біг-беги або габіони, пісок, грунт, щебень.	Монтаж, засипка, ущільнення; навантажувач або екскаватор.	Від 0,6 млн грн, 2-4 доби.
3. Укриття типу «Саркофаг».	Металеві колони, балки листи.	Монтаж, зварювання; кран або маніпулятор, навантажувач.	Від 4,5 млн грн, 10-14 діб.
4. Підвісні ланцюгові екрани.	Металеві сітки, ланцюгі, троси.	Монтаж, анкерування, верхолазні роботи; кран або маніпулятор.	Від 0,8 млн грн, 5-7 діб.
5. Пасивний захист із металевих опор та геотекстильної/комбі нованої перехоплюючої сітки.	Металеві профілі, труби, сіткові системи, троси.	Монтаж, анкерування; кран або маніпулятор, автовишка.	Від 0,4 млн грн, 2-3 доби.
6. Просторові захисні каркаси з використанням сіток.	Металеві профілі, труби, сіткові системи, троси.	Монтаж, зварювання; кран або маніпулятор, автовишка.	Від 0,7 млн грн, 4-6 доби.
7. Кутові відбивачі	Кутові відбивачі, маскувальна сітка.	Монтаж, зварювання; маніпулятор.	Від 0,15 млн грн, 1-2 доби.
8. Захисні перешкоди з ґрунтових валів	Ґрунт, пісок.	Перевезення ґрунту, ущільнення; екскаватор, бульдозер, каток, самоскиди.	Від 0,9 млн грн, 5-8 доби.

У розрахунках враховано мінімально необхідну кількість годин роботи техніки (за середньою ціною оренди техніки), не враховано вартість проектування, доставки матеріалів, оплати праці на загрузку та перенесення вантажу.

Таким чином мінімальний бюджет для влаштування СІЗ для об’єкта розглянутого типового габариту 20×20 м, висотою 3 м це застосування «кутових відбивачів» вартістю від 0,15 млн грн., але цей варіант варто

розглядати як додатковий. Тому варіанти «пасивний захист із металевих опор та геотекстильної/комбінованої перехоплюючої сітки» (вартістю від 0,4 млн грн) та «збірні перешкоди з біг-бегів або габіонів» (вартістю від 0,6 млн грн) є найдешевшими. Найбільш дорогим варіантом є укриття тип «Саркофаг» (вартістю від 4,5 млн грн).

Запропоновані СІЗ дозволяють швидко підвищити стійкість об'єктів сектору енергетики до ураження ударною хвилею, уламками та вторинними факторами. Розглянуті варіанти дозволяють комбінувати матеріали й конструкції залежно від ресурсів, геометрії об'єкта, умов експлуатації та вимог безпеки. Найкращий ефект досягається поєднанням периметральних перешкод (контейнери/біг-беги/габіони/вали), укриттів а над найбільш уразливими елементами влаштування «саркофагу», маскування та заходів, що знижують ймовірність точного наведення. Порівняння орієнтовної вартості розглянутих варіантів СІЗ свідчить, що «перший рівень» захисту (біг-беги/габіони) може бути реалізований за сотні тисяч гривень для типового габариту. Подальші дослідження варто направити у визначенні ефективності розглянутих варіантів СІЗ за співвідношенням ціна-результат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на листопад 2024 року / Д. Андрієнко, Р. Нейтер, І. Піддубний та ін. ; KSE Institute. – Київ, 2025. – 27 с.
2. Основи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від засобів повітряного нападу противника : монографія / А. С. Білик та ін. ; за заг. ред. А. С. Білика. – Київ, 2023. – 232 с.

UDC 614.84

IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF "SAFE EDUCATIONAL ENVIRONMENT" IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF UKRAINE AS AN ASPECT OF THE IMPLEMENTATION OF THE SENDAI FRAMEWORK PROGRAM: TODAY'S CHALLENGES

***Oleksandr SAVCHENKO**, PhD, Senior Research Fellow,*
***Serhiy GARBUZ**, PhD, Associate Professor,*
***Ulyana TANASIICHUK**, student of the Educational and Scientific Institute of Fire and Technogenic Safety*
National University of Civil Protection of Ukraine

Ukraine, as a member of the UN, implements the principles of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030 (The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030), which was adopted at the Third UN World

Conference in Sendai (Japan) on March 18, 2015. The formation and provision of a safe environment for the population is a direct consequence of the basic principles of the program. One of the tasks of a safe environment is the safety of participants in the educational process. Article 3 of the Law of Ukraine "On Education" defines the right to access to education and contains important provisions on accessibility and equal opportunities in the field of education in Ukraine. An important component of the right to access to education is a safe educational environment. The educational process should be organized in a safe educational environment and carried out on the principle of continuity, taking into account the age characteristics , physical, psychological and intellectual development of children , and their special educational needs. Clause 2-1 of Part 1 of the Law of Ukraine "On Education" defines the concept of a safe educational environment [1]. One of the components of a safe educational environment is the creation of a fund of protective structures for civil defense in educational institutions. Requirements for the maintenance, operation and accounting of the fund of protective structures of civil defense are established in [2]. An element of a "safe educational environment" is ensuring fire safety of both the main premises of educational institutions and shelters [3].

This paper presents generalized data (as of 2023) on ensuring fire safety of shelters in accordance with the criteria of a " safe educational environment" using the example of 9 educational institutions of various specificities in 3 regions of Ukraine: Poltava, Kirovohrad and Dnipropetrovsk, which did not evacuate the contingent and continue their activities under martial law. For safety reasons, the information is provided in a general form.

All the institutions studied have a boarding house in their structure, which provides for the creation of round-the-clock conditions for the safe stay of students and wards. A total of 1,042 people are educated in 8 institutions, of which 767 are children under 18 years of age. Of this number, 653 people are in boarding houses, of which 378 are children under 18 years of age. 2 social and medical institutions provide care and services only to male persons - 332 wards.

Protective The structures in all institutions are represented by the simplest shelters. Out of 9 shelters, 5 are included in the fund of protective structures, 3 are marked on an interactive map, 5 have a protective structure passport, and 7 have facility assessment reports regarding the possibility of its use for sheltering the population as the simplest shelter.

7 institutions have an alert system, of which:

- 6 have signals from local centralized warning systems within reach (sirens, loudspeakers) and use sound signals (bell);
- 1 institution uses its own automated notification system.
- In 2 institutions, there are no alarm systems at all.
- 6 shelters have evacuation exits, of which 2 shelters have exits made in an economic way. 2 shelters will be equipped with an emergency exit during the

current repair. In 1 shelter there is no possibility of a constructive solution to the problem with the emergency exit.

Natural ventilation is present in all shelters, and forced ventilation is additionally installed in 4 shelters.

The shelters of 3 institutions are equipped with modern automated fire extinguishing systems, all 9 require additional equipment with fire extinguishing means and trench tools (a minimum set is available). Violations of fire safety standards were found in 3 shelters regarding the use of flammable materials and flammable objects.

Access to drinking water: all shelters are 100% provided with drinking water supplies at an average rate of 2 liters per day per person.

Ensuring the requirements for providing students with the opportunity to rest leads to an increase in the fire load in shelters. Given the specifics of the contingent for which the shelters are equipped, this issue requires a separate regulation.

To overcome the identified problems, the following is proposed:

- Legislatively regulate the issues of powers and areas of responsibility of founders, managers and other officials in terms of increasing the fund of protective structures of educational institutions, namely: developing and approving an algorithm of actions when making a decision on the need and technical capabilities of building new protective structures.

- Establish at the regulatory level a typical algorithm of actions in case of crisis and emergency situations, on the basis of which appropriate algorithms should be developed at the level of regions and individual institutions.

REFERENCES

1. On Education: Law of Ukraine. Bulletin of the Verkhovna Rada (VVR). 2017. No. 38-39. p. 380 (with amendments).
2. Order of the Ministry of Internal Affairs dated 09.07.2018 No. 579 “On approval of requirements for the use and accounting of the fund of protective structures of civil defense”, registered with the Ministry of Justice of Ukraine on July 30, 2018 under No. 879/32331.
3. Savchenko O.V. Normative provision of shelters in educational institutions of Ukraine according to the criteria of a “safe educational environment” / O.V. Savchenko , Yu.S. Bezugla, A.A. Ivanova // Prevention of emergency situations, response and elimination of their consequences. Materials of the round table (webinar). – Kharkiv: National Center for Emergency Situations of Ukraine, 2024 – P.167-168.

УДК 614.84

ОЦІНКА МЕТОДУ РОЗМІЩЕННЯ РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ РІЗНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

***Максим КУСТОВ**, д-р техн. наук, проф.,*
***Олександр САВЧЕНКО**, канд. техн. наук,*
старший науковий співробітник
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення пожежної безпеки населених пунктів є складним інженерно-технічним завданням, критичним елементом якого виступає мінімальний час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП) на місце виклику. Нормативи прибуття рятувальних підрозділів різняться залежно від нормативно-правової бази конкретної країни та рівня пожежної небезпеки в регіоні, але в середньому час прибуття не повинен перевищувати: 10 хвилин у містах; 20 хвилин у населених пунктах за межами міста. Радіус обслуговування одним ПРП не повинен перевищувати 3 кілометри за наявності доріг загального користування. Схожі вимоги і в інших країнах світу. Вимоги Американської Національної асоціації пожежної безпеки (NFPA) щодо часу реагування на пожежі фактично збігаються з українськими стандартами. у Сполучених Штатах основою для визначення місць розташування ПРП на місцевості, є моделі Threshold Coverage, MCLP, MEXCLP, MALP, Гіперкубічна модель чергового обслуговування [1]. Останнім часом за кордоном активно поширюється моделювання зон обслуговування за допомогою ГІС.

У розвинених країнах спостерігається зростаюча тенденція до оцінки рівня ризику району під час планування розміщення ПРП. Основна концепція полягає в тому, що реагування на надзвичайні ситуації в районах з вищим ступенем ризику вимагає залучення більшої кількості персоналу та обладнання.

У роботі [2] представлено математичну модель територіального розміщення пожежних підрозділів з різними функціональними можливостями та програмну реалізацію Fire Emergency Department Direction (FEDDIR). За допомогою цього програмного комплексу можна оптимізувати місця розташування пожежних підрозділів з різними функціональними можливостями та визначити найшвидший маршрут до місця пожежі, враховуючи щільність руху на дорогах.

Метою даної роботи є оцінка ефективності та надійності запропонованого методу просторового розміщення пожежних частин, який враховує їх функціональні можливості та реальні ризики на території, а також обґрунтування його екологічної та економічної доцільності.

Перевірка надійності методу здійснювалася на прикладі реальної інфраструктури Новобаварського району міста Харків. Цей район було обрано як полігон через наявність складної комбінації житлових масивів та об'єктів промислової інфраструктури (Завод ім. Шевченка, Новожанівський м'ясокомбінат та ін.).

Для оцінки ефективності методу було проведено порівняльний аналіз із відомим методом просторового калібрування територій (прототипом) [3]. Порівняння проводилося шляхом розрахунку коефіцієнта покриття території $К_{покр.}$ для чотирьох типів населених пунктів, що відрізняються масштабом, щільністю населення та характером забудови:

найбільше місто (мегаполіс) – на прикладі м. Київ (населення понад 2 млн осіб);

обласний центр – на прикладі м. Харків (населення близько 1,5 млн осіб);

місто районного значення (територіальна громада) – на прикладі м. Чугуїв;

селищна громада – на прикладі смт Солоницівка.

Економічна та екологічна оцінка проводилась відповідно методики [4], розраховувались збитків від забруднення атмосферного повітря під час масштабної пожежі на нафтобазі,

Перший етап дослідження був спрямований на визначення чутливості математичної моделі до зміни вхідних координат. Було проведено серію чисельних експериментів, у яких розташування ПРП штучно зміщувалося відносно розрахованого оптимуму.

Результати розрахунків свідчать, що переміщення одного ПРП на 1 км від оптимального положення збільшує час руху на 7%, а при збільшенні відстані до 2 км час збільшується на 15%. Водночас, якщо два пожежні підрозділи змістити на 1 км від визначеного оптимального положення, збільшення часу руху досягає 16%, а переміщення трьох підрозділів на однакову відстань призводить до збільшення часу руху на 24%.

Перевірка ефективності запропонованого методу показала наступне: у великих містах (Київ, Харків) використання класичних методів забезпечує коефіцієнт покриття на рівні 0,87–0,88. Застосування запропонованого методу з урахуванням функціональної спроможності підрозділів дозволяє підвищити цей показник до 0,92, що в масштабах мегаполісу еквівалентно забезпеченню своєчасної допомоги для десятків тисяч мешканців додатково без будівництва нових депо, лише за рахунок оптимізації. Для міст районного значення (Чугуїв) приріст ефективності склав близько 7%. У малих населених пунктах (Солоницівка) різниця знову зростає, досягаючи понад 15%. Це пояснюється тим, що в малих громадах ціна помилки при розміщенні єдиного або двох депо є значно вищою, і математична оптимізація тут відіграє вирішальну роль (Табл. 1).

Таблиця 1 - Коефіцієнти покриття за методами [3] та [2]

Локальна територія	Варіанти функціональної спроможності різних пожежних підрозділів	$k_{покр.}$ за [3]	$k_{покр.}$ за [2]
м. Київ	Однакова	0,87	0,88
	Різна	0,87	0,92
м. Харків	Однакова	0,81	0,83
	Різна	0,81	0,9
Чугуївська міська територіальна громада	Однакова	0,69	0,7
	Різна	0,69	0,76
Солоницівська селищна територіальна громада	Однакова	0,53	0,55
	Різна	0,53	0,65

Слід відмітити, що тип населеного пункту та час доби мають великий вплив на швидкість прибуття пожежних машин до місця виклику. Після обробки статистичних даних щодо середньої швидкості пожежних автомобілів у різних населених пунктах встановлено: в обласних центрах спостерігається значна амплітуда коливань швидкості, денна швидкість руху пожежних автомобілів на 35–40% нижча за нічну через затори. Це вимагає закладання менших радіусів обслуговування при проектуванні. У містах районного значення (типу Чугуєва) відмічено, що денна швидкість руху там є максимальною і перевищує швидкість у мегаполісах на 45–50%. Це зумовлено меншою щільністю трафіку при достатньо високій якості магістральних доріг.

Практична цінність будь-якої інженерної методики вимірюється її економічною ефективністю. Для розрахунку було опрацьовано обставини та наслідки ліквідації масштабної пожежі на нафтобазі в м. Харків (лютий 2024 року).

Згідно з даними, під час пожежі згоріло 3,5 тисячі тонн нафтопродуктів. Розрахунок викидів показав потрапляння в атмосферу 3320 т оксиду вуглецю, 220 т діоксиду азоту, 280 т сажі та інших небезпечних сполук. Загальний розрахований екологічний збиток від забруднення повітря склав 132,6 млн грн.

Застосування оптимізованого розміщення підрозділів дозволяє скоротити час початку гасіння на 7–15%. Оскільки маса викидів прямо пропорційна часу вільного горіння, скорочення часу прибуття зменшує кількість нафти, що згоріла та, відповідно, викидів.

При консервативній оцінці скорочення часу реагування на 7% (обрано найменшу різницю ефективності), економічний ефект від відвернених екологічних збитків становить 9,28 млн грн. Ця сума є економічним ефектом лише від одного випадку реагування на велику пожежу. Враховуючи кількість виїздів за рік, інтегральний економічний ефект від впровадження методу буде значно вищим.

Перевірка надійності математичної моделі розміщення ПРП різних функціональних можливостей дозволяє зробити висновок про її надійність. Усі випадково вибрані варіанти розподілу ПРП, порівняно з оптимізованим, збільшують час руху до місця виклику від 7% до 400%. Використання запропонованої математичної моделі дозволяє скоротити час прибуття пожежних підрозділів до місця виклику на 24% (за умови оптимізації розміщення більше 3 пожежних підрозділів). Перевірка ефективності запропонованого методу свідчить, що його застосування дозволяє розміщувати ПРП з більшою ефективністю. Коефіцієнт охоплення локальної території з населенням ≥1 млн осіб збільшується на 15%; з населенням від 50 000 до 1 000 000 осіб – до 7%; з населенням ≤50 000 осіб – понад 15%. На прикладі реальної пожежі на нафтобазі розраховано, що збитки від впливу на навколишнє середовище зменшаться на 9,28 млн гривень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Benson C.M., Elsmore S. (2022). Reducing fire risk in buildings: the role of fire safety expertise and governance in building and planning approval. J Hous and the Built Environ 37, 927–950. doi:10.1007/s10901-021-09870-9.
2. Kustov M., Fedoryaka O., Kononovych V., Khalmuradov B., Borodych P., Kurtseitov T., Veretennikova J. (2023). Level Of Fire Danger Of The Local Territory. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 122(10). doi:10.15587/1729-4061.2023.276653.
3. Da Silva Romero C.W., Miyazaki M.R., Berni M.D., Figueiredo G.K., Lamparelli R.A. (2023). A spatial approach for integrating GIS and fuzzy logic in multicriteria problem solving to support the definition of ideal areas for biorefinery deployment, Journal of Cleaner Production, 390, 135886. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.135886
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 № 175 «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру».

УДК 614.84

ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВИХ ТІНЕЙ ТА ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ДЛЯ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ОБ'ЄКТАХ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

***Олександр САВЧЕНКО**, канд. техн. наук,*
старший науковий співробітник,
***Анна СТАЦЮК**, студентка навчально-наукового*
інституту цивільного захисту,
***Неля ГАРЬКАВА**, студентка навчально-наукового*
інституту цивільного захисту
Національний університету цивільного захисту України

Сучасний розвиток науки і технічних систем супроводжується ускладненням технічних систем, що значно підвищує вимоги до їх надійності, безпеки та ефективності управління. За таких умов традиційні підходи до контролю та аналізу роботи об'єктів не завжди дозволяють вчасно виявляти проблеми та прогнозувати їх можливі наслідки.

Одним із перспективних напрямів підвищення рівня безпеки є впровадження концепції цифрових двійників, які забезпечують динамічну інтеграцію між фізичними об'єктами та їхніми віртуальними аналогами на основі автоматизованого обміну даними. В роботах [1, 2] наведено чіткі відмінності у класифікації цифрових двійників на три підкатегорії відповідно до їхнього рівня інтеграції даних.

Цифрова модель (Digital Model) – це цифрове представлення існуючого або планованого фізичного об'єкта, яке не використовує жодної форми автоматизованого обміну даними між фізичним об'єктом та цифровим об'єктом (дані вводяться вручну).

Цифрова тінь (Digital Shadow) – цифрова модель, в якій існує автоматизований односторонній потік даних між станом існуючого фізичного об'єкта та цифровим об'єктом. Зміна стану фізичного об'єкта призводить до зміни стану цифрового об'єкта, але не навпаки.

Цифровий двійник (Digital Twin) – цифрова модель в якій потоки даних між існуючим фізичним об'єктом та цифровим об'єктом повністю інтегровані в обох напрямках. Зміна стану фізичного об'єкта безпосередньо призводить до зміни стану цифрового об'єкта і навпаки.

Далі терміни використовуються у визначеннях наведених вище. Таким чином цифрова тінь / цифровий двійник (ЦТ/ЦД) являє собою віртуальну модель фізичного об'єкта або процесу, яка відтворює його технічні характеристики та режими функціонування. ЦТ/ЦД забезпечує постійний моніторинг параметрів роботи, аналіз відхилень від нормативних значень, імітаційне моделювання різних експлуатаційних та

аварійних сценаріїв, прогнозування можливих наслідків. Це формує відмінності між принципами забезпечення безпеки традиційним методом управління і управлінням на основі ЦТ/ЦД (табл. 1) [3].

Таблиця 1 – Порівняння використання традиційного підходу та технології цифрової тіні / цифрового двійника

Характеристика	**Традиційний підхід**	**Цифрова тінь / цифровий двійник**
Джерело інформації про стан об’єкта	Результати планових оглядів та діагностики	Дані сенсорів, телеметрії та інтегрованих інформаційних систем
Частота оновлення даних	Дискретна	Безперервна або з мінімальною затримкою
Управління ризиками	Усунення наслідків несправностей	Попередження відмов і оптимізація режимів роботи
Можливість прогнозування	Обмежена, базується на нормативних строках служби	Прогнозування на основі аналітики та реальних експлуатаційних даних
Урахування взаємозв’язків параметрів	Аналізуються окремі показники	Комплексний аналіз взаємодії різних факторів
Вплив людського чинника	Рішення приймаються на основі нормативних вимог, результатів перевірок та професійної оцінки фахівця	Рішення приймаються з використанням аналітичних моделей, що доповнюють експертну оцінку

Зазначені переваги свідчать про перспективність створення ЦТ/ЦД об’єктів підвищеної небезпеки. Функціонування таких об’єктів пов’язане з ризиком виникнення аварій, пожеж, вибухів та інших подій, що можуть мати масштабні наслідки. У цьому контексті впровадження даних цифрових технологій коректно розглядати як інструмент проактивного управління ризиками.

Як приклад, розглянемо процес експлуатації складів нафти та нафтопродуктів. Відповідно [4] забезпечення герметичності, надійності та контролю технічного стану обладнання, трубопроводів, резервуарів є ключовими умовами їх безпечного функціонування. Але навіть за умови дотримання регламентних процедур традиційні методи контролю залишаються обмеженими, оскільки передбачають періодичні перевірки з певним часовим інтервалом, протягом якого можуть формуватися приховані дефекти, що викликає підвищені ризики розвитку корозійних

процесів та виникнення витоків. За таких умов використання ЦТ/ЦД складу нафти та нафтопродуктів дозволяє здійснювати безперервний моніторинг робочих параметрів, своєчасно виявляти відхилення у режимі функціонування, прогнозувати технічний стан обладнання та негайно (у випадку використання цифрового двійника) впливати на параметри системи. Це створює передумови для переходу до прогнозного технічного обслуговування, що зменшує ймовірність раптових відмов і підвищує загальний рівень техногенної та пожежної безпеки. У результаті управлінські рішення ґрунтуються не лише на регламентних вимогах і досвіді персоналу, а й на моделюванні можливих сценаріїв розвитку технічного стану системи (табл. 2).

Таблиця 2 – Особливості управління складу нафти і нафтопродуктів залежно від підходу

Параметр оцінювання	**Традиційний підхід**	**Цифрова тінь / цифровий двійник**
Контроль герметичності	Періодичні перевірки та гідравлічні випробування	Моніторинг параметрів у режимі реального часу
Виявлення корозії	Планові огляди та інструментальна діагностика	Аналіз змін параметрів і прогнозування розвитку корозійних процесів
Оцінка технічного стану	Проводиться після обстеження або при виявленні несправностей	Формується на основі експлуатаційних даних
Реагування на відхилення	Після фіксації відмови або аварії	На етапі появи тенденцій до відхилення
Моделювання аварійних ситуацій	Теоретичні розрахунки	Моделювання можливих сценаріїв без втручання в реальний процес
Рівень ризику експлуатації	Залежить від своєчасності перевірок	Зменшується завдяки ранньому виявленню потенційних небезпек

Для впровадження ЦТ/ЦД на ОПН необхідні додаткові інвестиції у створення та інтеграцію автоматизованої системи моніторингу та управління. Але в довгостроковій перспективі можна прогнозувати економічний ефект від впровадження у скороченні аварійних простоїв, зменшенні витрат на відновлювальні роботи та оптимізації ремонтних заходів. Прогнозування зносу обладнання дозволяє раціонально планувати технічне обслуговування, що сприяє продовженню строку експлуатації трубопроводів і зниженню можливих економічних втрат (табл.3).

Таблиця 3 – Порівняння економічної ефективності між традиційним підходом до управління складу нафти і нафтопродуктів та технології цифрової тіні / цифрового двійника

Показник	**Традиційний підхід**	**Цифрова тінь / цифровий двійник**
Характер експлуатаційних витрат	Можуть бути нерівномірними через аварійні ситуації	Більш прогнозовані завдяки постійному аналізу стану
Витрати на ремонт і простої	Часто виникають після відмови обладнання	Можуть зменшуватися за рахунок раннього виявлення дефектів
Ризик значних фінансових втрат	Підвищується при раптових аваріях	Знижується завдяки можливості прогнозування
Початкові витрати	Відносно нижчі	Вищі через необхідність створення та інтеграції цифрової моделі
Планування бюджету	Ґрунтується на регламентних строках та попередньому досвіді	Ґрунтується на аналізі фактичного стану та прогнозованого ресурсу

Економічні показники, представлені в таблиці 3, мають орієнтовний характер та відображають потенційну ефективність технології. У подальшому вони потребують деталізації та розрахунків на основі конкретних параметрів об’єктів.

Таким чином, на прикладі експлуатації складу нафти і нафтопродуктів показано, що використання цифрових тіней та цифрових двійників є визначальним чинником формування системи проактивного управління ризиками на об’єктах підвищеної небезпеки

ЛІТЕРАТУРА

1. Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. IFAC-PapersOnLine, 51(11), 1016–1022. doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474
2. Abdelrahman M., Macatulad E., Lei B., Quintana M., Miller C., Biljecki F. What is a Digital Twin anyway? Deriving the definition for the built environment from over 15,000 scientific publications // Building and Environment. – 2025. – Vol. 274. – Article 112748.
3. Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Digital twin for smart manufacturing, A review. Sustainable Manufacturing and Service Economics, 2, 100017. https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100017
4. ВБН В.2.2-58.1-94 «Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насиченої пари не вище 93,3 кПа».

УДК 313.86

МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ДОСТОВІРНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

***Віктор СТРІЛЕЦЬ**, д-р техн. наук, проф.,*
Національний університет «Київський авіаційний інститут»
***Сергій СТЕПАНЧУК**, старший викладач,*
Національний університет цивільного захисту України
***Валерій СТРІЛЕЦЬ**, канд. техн. наук*
The HALO Trust Ukraine

Для перевірки достовірності математичної моделі гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення (ГР УРЗ), до якої шляхом нескладних перетворень адаптується математична модель [1] та інформаційно-технічного методу забезпечення ГР УРЗ, основу якої складає керуючий алгоритм, наведений в [2], в першу чергу треба проаналізувати діяльність демінерів та визначити та визначити ті дії, оцінка яких є найбільш характерною та складною для відповідного оцінювання.

З урахуванням цього обирається конкретний варіант використання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту (КЗБРЗ), особовий склад, який є можливість залучити до фізичного моделювання визначеного процесу гуманітарного розмінування, з урахуванням їх підготовленості як до поводження з вибухонебезпечними предметами, так і до перебування в цей час в радіаційно забрудненій місцевості. Визначені КЗБРЗ та демінери, яких можна залучити до фізичного моделювання дій в радіаційно забрудненій місцевості, також впливають на вибір місця проведення експериментальних досліджень щодо перевірки достовірності математичної моделі.

Експертна оцінка обраних КЗБРЗ повинна забезпечити їх порівняння як за окремими важливими напрямками (вартість та кількість зразків, які можна використовувати під час експериментального дослідження, можливість виконання дій, які необхідні для проведення ГР УРЗ, функціональний стан демінера під час бойової роботи, обзорність та рухомість тощо), так і за узагальненою оцінкою кожного з цих комплексів.

Результати експертної оцінки КЗБРЗ можуть використовуватись як для вибору вихідних умов виконання контрольної вправи під час здійснення порівняльної оцінки дій демінерів за результатами фізичного моделювання цього процесу, так і для безпосереднього обґрунтування

такого варіанту комплектації КЗБРЗ, який буде рекомендуватись для використання демінерами під час гуманітарного розмінування.

Крім цього на виконання контрольної вправи як елементу фізичного моделювання гуманітарного розмінування впливають місце її проведення та характеристики особового складу підрозділу (кількість демінерів, яких можна залучити до гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості, рівень їх підготовленості та обізнаності щодо особливостей розмінування в умовах можливого радіаційного впливу тощо). При цьому виконання контрольної вправи здійснюється таким чином, щоб забезпечити статистичний порівняльний аналіз дій демінерів з визначеним рівнем значимості α.

За такого підходу у якості практичних рекомендацій можуть бути не тільки пропозиції щодо вибору конкретного варіанту КЗБРЗ, але й пропозиції щодо вдосконалення робіт демінерів. За результатами перевірки того, наскільки реалізація інформаційно-технічного методу забезпечення ГР УРЗ є ефективною, можуть коригуватись як дії демінерів (а відповідно, у разі необхідності, і контрольні вправи), так і експериментально-випробувальна база. Це викличе необхідність проведення по новому порівняльної оцінки дій демінерів з подальшою розробкою нових оперативно-технічних рекомендацій.

З урахуванням вищевикладеного алгоритм реалізації методики проведення експериментів з перевірки достовірності математичної моделі та інформаційно-технічного методу забезпечення ГР УРЗ буде мати вид, який наведено на рисунку.

Таким чином, методика проведення експериментів з перевірки достовірності математичної моделі та інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення складається з восьми блоків, пов’язаних прямими та зворотними зв’язками, з яких три (вибір експериментально-випробувальної бази, порівняльна оцінка дій демінерів, перевірка ефективності реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення) безпосередньо визначають особливості проведення фізичного моделювання діяльності демінерів, три (аналіз дій демінерів та вибір контрольної вправи для оцінювання, експертна оцінка комплексу засобів броне- та радіаційного захисту, коригування системи «демінер – радіаційне забруднення місць знаходження вибухонебезпечних предметів – комплекс індивідуального броне- та радіаційного захисту демінера» у разі необхідності) та один (розробка практичних рекомендацій) поєднує як результати експертних оцінок, так і результати фізичного моделювання.

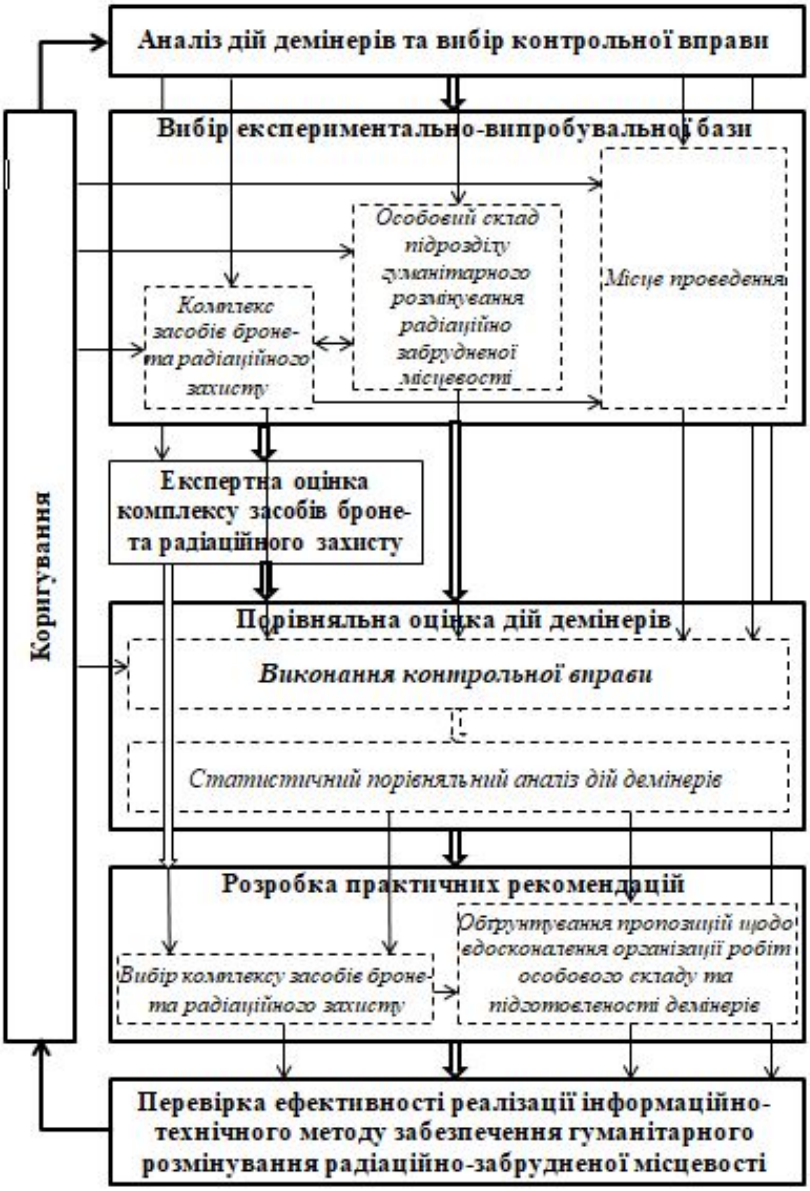


Рисунок – Алгоритм реалізації методики проведення експериментів з перевірки достовірності математичної моделі та інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення

ЛІТЕРАТУРА

1. Strelets, V., Malovyk, I., Stepanchuk, S., Strelec, V., Khyzhniak, A., & Valchenko, O. (2024). The Development of a mathematical model for increasing the efficiency of emergency rescue operations in conditions of possible combat damage. *Social Development and Security,* 14(5), 175-190. https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.5.18
2. Степанчук, С., Стрілець, В., Хижняк, А., & Шевченко, Р. (2025). Розробка керуючого алгоритму інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*, 9(1), 138-152. https://doi.org/10.52363/2524-2636.2025.9.1.13

УДК 614.8:004.896

ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ВИКОНАННЯ НОРМАТИВІВ З ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ

***Арсен ІПІЄВ**, старший викладач кафедри пожежно-рятувальної та фізичної підготовки навчально-наукового інституту оперативно-рятувальних сил*
***Анастасія КОНДРАТЬЄВА**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасна професійна діяльність фахівців служби цивільного захисту пов'язана з виконанням завдань у складних, динамічних та потенційно небезпечних умовах, що супроводжуються значними фізичними та психофізіологічними навантаженнями. Ефективність дій особового складу під час ліквідації надзвичайних ситуацій, проведення аварійно-рятувальних робіт, гасіння пожеж та виконання інших завдань за призначенням значною мірою залежить від рівня їх функціональної та фізичної готовності. У зв'язку з цим система професійної підготовки у закладах освіти ДСНС України передбачає формування у здобувачів освіти комплексу компетентностей, що забезпечують здатність до виконання службових завдань у реальних умовах діяльності.

Важливе місце у структурі професійної підготовки посідає дисципліна «Пожежно-рятувальна підготовка», яка спрямована на формування практичних навичок, необхідних для виконання типових дій у процесі службової діяльності. Значна частина навчальних вправ та нормативів цієї дисципліни передбачає виконання рухових дій у режимі інтенсивного фізичного навантаження, що зумовлює підвищені вимоги до рівня розвитку базових фізичних якостей здобувачів освіти. Насамперед це стосується витривалості та силових якостей, які визначають здатність до підтримання працездатності, стійкості до втоми та ефективного виконання професійно орієнтованих дій.

Практика освітнього процесу у Національному університеті цивільного захисту України свідчить, що ефективність засвоєння нормативів пожежно-рятувальної підготовки не завжди визначається виключно рівнем теоретичної чи технічної підготовленості здобувачів освіти. У процесі виконання нормативів, особливо тих, що мають виражений прикладний та фізично навантажувальний характер, суттєву роль відіграють функціональні можливості організму та рівень розвитку фізичних якостей. Недостатній рівень фізичної підготовленості може призводити до зниження темпу виконання вправ, порушення техніки

рухових дій, передчасної втомлюваності та, як наслідок, до ускладнення процесу формування професійних навичок.

Особливої актуальності зазначена проблема набуває на старших курсах навчання, де зростає складність нормативів та підвищуються вимоги до стабільності й якості їх виконання. За таких умов фізична підготовленість здобувачів освіти виступає не лише складовою загальної професійної готовності, а й важливою методичною передумовою ефективності освітнього процесу. Наявність об'єктивних труднощів у виконанні нормативів пожежно-рятувальної підготовки частиною курсантів обумовлює необхідність наукового аналізу впливу фізичних чинників на результативність навчальної діяльності.

Дослідження, присвячені методиці підготовки особового складу підрозділів пожежної охорони та служби цивільного захисту, підкреслюють прикладний характер навчання та необхідність наближення освітнього процесу до умов реальної оперативно-службової діяльності. У цьому контексті нормативи пожежно-рятувальної підготовки розглядаються як інструмент перевірки сформованості практичних умінь і навичок та водночас як фактор, що висуває високі вимоги до фізичного стану здобувачів освіти, оскільки значна частина вправ виконується у режимі інтенсивного навантаження.

У зв'язку з цим виникає необхідність наукового аналізу чинників, які можуть впливати на результативність засвоєння нормативів та стабільність виконання навчальних вправ. Мета дослідження - визначити вплив рівня фізичної підготовленості здобувачів освіти на ефективність виконання нормативів дисципліни «Пожежно-рятувальна підготовка». Для її досягнення було визначено такі завдання:

1. Проаналізувати характерні особливості виконання нормативів пожежно-рятувальної підготовки, що мають виражений фізичний компонент.
2. Виявити типові труднощі, які виникають у здобувачів освіти під час виконання фізично навантажувальних вправ.
3. Узагальнити результати педагогічних спостережень щодо проявів недостатнього рівня розвитку витривалості та силових якостей.
4. Провести порівняльний аналіз результатів виконання нормативів різними контингентами здобувачів освіти.
5. Обґрунтувати методичні аспекти урахування фізичної підготовленості у процесі викладання дисципліни.

Дослідження проводилось у межах освітнього процесу під час викладання дисципліни «Пожежно-рятувальна підготовка» на базі Національного університету цивільного захисту України. Емпіричний матеріал формувався у процесі навчальних занять та виконання курсантами нормативів, що мають виражений прикладний і фізично навантажувальний характер.

У межах дослідження аналізувались особливості виконання вправ, пов’язаних із роботою з ручними пожежними драбинами, а також подоланням спеціалізованих дистанцій у форматі, наближеному до умов службової та змагальної діяльності («найсильніший пожежний-рятувальник»). Вибір саме зазначених вправ обумовлений їх високою інтенсивністю, комплексним характером рухових дій та значною залежністю результативності від рівня розвитку витривалості та силових якостей.

Методичну основу дослідження становили підходи, орієнтовані на якісний аналіз навчальної діяльності здобувачів освіти. Основну увагу зосереджено на виявленні типових проявів труднощів, що виникають під час виконання нормативів, а також на встановленні загальних тенденцій зміни працездатності курсантів у процесі виконання фізично навантажувальних вправ.

Оцінювання результативності виконання вправ здійснювалось із урахуванням показників, що характеризують загальну ефективність рухової діяльності, зокрема стабільність виконання технічних дій, дотримання регламентованої послідовності операцій та здатність підтримувати необхідний темп роботи протягом виконання вправи.

Отримані результати дослідження дозволяють стверджувати, що ефективність виконання нормативів пожежно-рятувальної підготовки суттєво залежить від рівня фізичної підготовленості здобувачів освіти. Виявлені у процесі педагогічних спостережень труднощі мають системний характер та проявляються переважно під час виконання вправ із високим рівнем фізичного навантаження.

З методичної точки зору встановлені тенденції є закономірними, оскільки значна частина навчальних нормативів дисципліни «Пожежно-рятувальна підготовка» передбачає виконання інтенсивної м’язової роботи, що потребує достатнього рівня розвитку витривалості та силових якостей. Недостатня фізична готовність обмежує здатність курсантів підтримувати необхідний темп діяльності, що безпосередньо впливає на стабільність та якість виконання технічних дій.

Виявлені ознаки передчасної втомлюваності та зниження темпу рухових дій можуть розглядатися як фактор, що ускладнює процес формування професійних навичок. Умови виконання нормативів вимагають від здобувачів освіти не лише технічної точності, але й здатності до реалізації рухових дій у стані значного фізичного напруження. За відсутності належного рівня розвитку базових фізичних якостей ефективність навчального процесу об’єктивно знижується.

Особливого значення набувають результати порівняльного аналізу, які свідчать про відмінності у характері виконання нормативів курсантами різних років підготовки. Більш стабільні результати здобувачів освіти попередніх років навчання можуть бути пояснені вищим рівнем адаптації

до фізичних навантажень, що формується за умов безперервної фізичної підготовки. Це підтверджує методичну доцільність системного розвитку фізичних якостей у структурі професійної підготовки майбутніх фахівців служби цивільного захисту.

У контексті організації освітнього процесу фізичну підготовленість доцільно розглядати як важливу передумову ефективності викладання дисципліни. Недостатній рівень розвитку витривалості та сили може виступати обмежувальним чинником не лише індивідуальних результатів, але й загальної інтенсивності навчальних занять, оскільки ускладнює реалізацію практично орієнтованих методичних підходів.

Таким чином, належний рівень фізичної підготовленості здобувачів освіти слід розглядати як необхідну передумову підвищення ефективності освітнього процесу у закладах освіти ДСНС України та формування професійної готовності майбутніх пожежних-рятувальників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Круцевич Т. Ю. Теорія і методика фізичного виховання. – Київ : Олімпійська література, 2017. – 392 с.
2. Раєвський Р. Т. Професійно-прикладна фізична підготовка. – Київ : Вища школа, 2010. – 280 с.
3. Безуглов О., Семків О., Чернуха А. Пожежно-рятувальна підготовка : підручник. – Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2020. – 314 с.

УДК 614.841

АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ

***Ярослав КАЛЬЧЕНКО**, д-р філософії,*
***Альбіна ПШЕНИЧНА**, курсант навчально-наукового інституту цивільного захисту,*
***Олександра ГАЙДАЙ**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

У воєнний період критичний стан енергетичної інфраструктури став однією з слабких ланок країни. З початку війни російські сили здійснили численні атаки на об’єкти енергетичної системи України, у тому числі понад 600 атак на енергетичну інфраструктуру між серпнем 2025 р. і січнем 2026 р., що призводило до тривалих відключень електропостачання для мільйонів домогосподарств і критичних об’єктів. Загалом від початку війни ворог завдав понад 1000 ударів по об’єктах енергетики, включно з високовольтними підстанціями та генерацією електроенергії. За оцінками, щонайменше 63000 одиниць енергетичного обладнання було пошкоджено

чи знищено, що спровокувало значні перебої у роботі систем передачі та розподілу електроенергії [1].

В умовах дефіциту електропостачання розгортаються пункти обігріву, де встановлюються автономні електрогенератори для забезпечення освітлення, опалення та зв'язку. Нерідко таке обладнання експлуатується у тимчасових або непризначених для цього приміщеннях, що підвищує ризики виникнення пожеж і надзвичайних ситуацій.

Інтенсивне використання автономних електрогенераторів супроводжується підвищеними ризиками техногенної небезпеки, оскільки їх неконтрольоване розташування в закритих або непристосованих приміщеннях, неналежна вентиляція, порушення інструкцій з експлуатації, витік палива та перевантаження електромережі значно збільшують імовірність пожеж та випадків гострих інтоксикацій чадним газом. Забезпечення безпечної експлуатації генераторів, включаючи дотримання виробничих інструкцій і базових правил пожежної безпеки, є критичною передумовою мінімізації негативних наслідків у воєнних та післявоєнних умовах.

Під час роботи генератора особовому складу рекомендується регулярно перевіряти температуру ключових вузлів - двигуна, генераторної обмотки, силових кабелів, з'єднувальних клем та автоматичних вимикачів. З цією метою потрібно використовувати безконтактний термометр або тепловізор (рис. 1). Особливу увагу необхідно приділити місцям під'єднання кабелів та автоматичним вимикачам генератора – температура не повинна перевищувати ~70 °С під навантаженням.

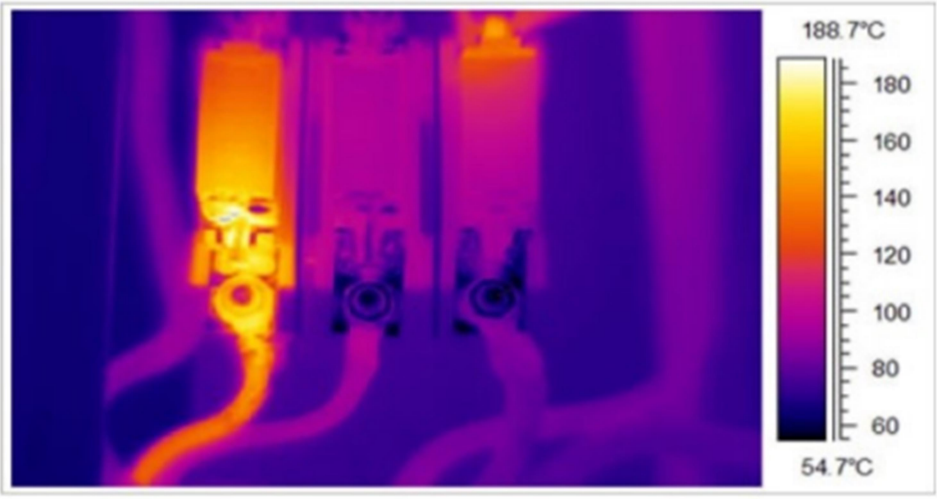


Рисунок 1 – Приклад термограми апаратів захисту та провідників з перегрівом

Перегрів може свідчити про поганий контакт або перевантаження. Характерні ознаки перевантаження на термограмі [2]:

● розподілений перегрів: на термограмі перегрів помітний уздовж значної ділянки кабелю (дроту), а не тільки в одній точці з'єднання;

● рівномірний градієнт: температура підвищена по всій довжині або великій частині траси кабелю, і це підвищення є більш-менш рівномірним;

● причини: високий струм навантаження, що перевищує допустимий для даного перерізу струмоведучої жили, або недостатній переріз для підключеної потужності. Це призводить до нагрівання провідника по всій його довжині (або на ділянках з поганим охолодженням).

Характерні ознаки поганого контакту на термограмі:

● локальний перегрів: на термограмі видно, що перегрів зосереджений у дуже конкретній, невеликій точці – місці електричного з'єднання (клема, болт, затискач, з'єднувач);

● чіткий температурний градієнт: температура різко знижується від місця поганого контакту до провідників, що до нього приєднані. Самі провідники (кабелі) можуть мати значно нижчу, нормальну температуру;

Це відбувається через збільшення контактного опору у місці з'єднання (обтиску, обжиму), викликаного ослабленням, окисленням, або зношуванням, що призводить до інтенсивного виділення тепла лише в цій точці.

В разі виявлення небезпечно гарячих елементів потрібно негайно відключити живлення, зупинити генератор та провести технічне обслуговування: підтягнути контакти, замінити пошкоджені кабелі чи автоматичні вимикачі.

Надійна експлуатація генераторів забезпечується за умови системного контролю навантаження, симетрії фаз, температурних режимів, технічного стану з’єднань і рівня пального, а також своєчасного реагування на відхилення в роботі. Дотримання встановлених вимог мінімізує ризики аварійних зупинок і підвищує ресурс обладнання.

У зимовий період значення генераторів істотно зростає, оскільки вони виконують функцію резервного джерела електроживлення в умовах підвищених навантажень та можливих перебоїв енергопостачання, забезпечуючи стабільність функціонування критично важливих систем.

Експлуатація дизельних генераторів в мороз потребує окремої уваги до пального і оливи. У холодний період слід використовувати зимові марки дизельного палива – літнє паливо за низьких температурах густішає і парафінується. Приблизно від +8 °C починається процес кристалізації парафіну, а при –11…–15 °C стандартне літнє дизпаливо може повністю перетворитися на парафінову масу, забивши фільтри і паливопроводи. Тому заздалегідь переведіть техніку на зимове пальне або додайте спеціальні антигель-добавки, щоб запобігти замерзанню палива. Також за можливості рекомендується перед зимою замінити моторну оливу на менш в’язку, наприклад 5W-30, якщо це передбачено інструкцією виробника – легкі синтетичні оливи полегшують холодний пуск двигуна.

При очікуваних сильних морозах генератори слід оснащувати засобами підігріву двигуна. Це можуть бути електричні підігрівачі охолоджуючої рідини (вбудовані в рубашку охолодження) або оливні підігрівачі, які живляться від зовнішньої мережі або від самого генератора за наявності палива. Їх вмикають при зниженні температури двигуна нижче ~+5…0 °С, щоб підтримувати постійну готовність до старту.

У зимовий період експлуатація генераторів потребує підвищеної уваги до стану акумуляторних батарей, умов зберігання обладнання та дотримання регламенту холодного пуску двигуна. Зниження ємності акумуляторів, підвищена в'язкість оливи та низькі температури навколишнього середовища безпосередньо впливають на надійність запуску й стабільність роботи установки.

Забезпечення належної організації та технічно обґрунтованої експлуатації генераторів є необхідною умовою підвищення стійкості енергозабезпечення, зниження пожежної небезпеки, мінімізації техногенних ризиків і підтримання безперервного функціонування критично важливих систем у воєнний та післявоєнний періоди.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації щодо застосування генераторних установок під час тривалих відключень електропостачання населених пунктів / Мельник В. П., Землянський О. М., Григоренко О. М. – Черкаси: НУЦЗ України, 2025. – 33 с.
2. Ukraine Air War Monitor. URL: https://www.kyiv-dialogue.org/uk/novini/newsreader/monitoring-povitranoi-vijni-proti-ukraini-vipusk-xiii.html

УДК 614.8:624.131.7

ПРОФІЛАКТИКА ЗСУВІВ І СЕЛЕЙ ЯК ОСНОВА БЕЗПЕКИ НАСЕЛЕННЯ

***Марина ТАВРЕЛЬ**, старший викладач кафедри безпеки праці та охорони довкілля ТОВ «ТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»*

Інтенсивне використання лісових ресурсів у гірських регіонах України впродовж останніх десятиліть супроводжується суттєвим скороченням площі лісового покриву, що негативно впливає не лише на стан довкілля, але й на рівень безпеки населення. Лісові екосистеми виконують комплекс захисних функцій, серед яких особливе значення мають стабілізація схилів, регулювання поверхневого стоку та підтримання гідрологічного балансу територій. Порушення цих природних механізмів унаслідок знеліснення створює передумови для активізації небезпечних геодинамічних процесів, зокрема селевих потоків та зсувів, що безпосередньо загрожують життю і здоров'ю людей.

У гірських районах, насамперед у межах Українських Карпат, ліси формують природний протиерозійний бар'єр. Коренева система дерев зміцнює ґрунтовий масив, підвищує його зчеплення та запобігає зсувним деформаціям. Лісовий покрив зменшує швидкість поверхневого стоку, сприяє рівномірному поглинанню атмосферних опадів та знижує ризик раптового перезволоження схилів. Після проведення суцільних рубок або інтенсивної виробки лісових ресурсів ці механізми порушуються, що призводить до різкого зростання нестійкості ґрунтів. У поєднанні з інтенсивними опадами або швидким таненням снігу це створює умови для формування селевих потоків і зсувів.

Селеві потоки є особливо небезпечними через свою раптовість і високу руйнівну здатність. Вони являють собою суміш води, ґрунту, каміння та уламків деревини, що рухається зі значною швидкістю гірськими долинами. Щільність селевої маси суттєво перевищує щільність звичайної води, а її кінетична енергія здатна руйнувати будівлі, мости, дороги та інженерні мережі. Час від моменту формування селю у верхів'ях басейну до його виходу в населені пункти може становити лише кілька десятків хвилин, що значно ускладнює організацію своєчасної евакуації населення. Основна загроза для людей полягає в механічному ураженні уламками порід та конструкцій, похованні під масами ґрунту, а також у вторинних небезпеках, таких як руйнування комунікацій, пожежі чи затоплення територій.

Зсуви, у свою чергу, можуть мати як повільний, так і раптовий характер розвитку. Найбільш небезпечними є швидкі зсуви значного об'єму, які виникають унаслідок перезволоження ґрунту та втрати його стійкості. Порушення природного дренажу під час прокладання лісових доріг, підрізування схилів, використання важкої техніки та складування деревини додатково підвищують ризик зсувних процесів. У разі раптового сходження зсуву відбувається руйнування житлових будинків, об'єктів соціальної інфраструктури, транспортних шляхів, що створює безпосередню загрозу життю людей і призводить до значних матеріальних збитків.

З огляду на це профілактика селів і зсувів при виробці лісових ресурсів повинна розглядатися як складова системи забезпечення безпеки населення. Раціональне ведення лісового господарства має передбачати обмеження суцільних рубок у зсувонебезпечних районах, впровадження вибіркових методів заготівлі деревини та обов'язкове відновлення лісового покриву. Збереження захисних лісових насаджень на крутих схилах є одним із найефективніших природних способів запобігання геодинамічним процесам.

Поряд із природоохоронними заходами важливе значення мають інженерні рішення. Будівництво селезатримувальних споруд, підпірних стінок, водовідвідних каналів та укріплення русел гірських річок дозволяє зменшити руйнівну силу потоків та стабілізувати схили. Однак навіть

найсучасніші інженерні конструкції не можуть повністю компенсувати втрату лісового покриву, тому їх застосування повинно поєднуватися з екосистемним підходом до управління територіями.

В умовах підвищеної селевої та зсувної небезпеки особливого значення набувають інженерні рішення, спрямовані на локалізацію та гасіння енергії потоків ще на стадії їх формування. Одним із перспективних напрямів є застосування гібридної конструкції габіонів, адаптованої до специфіки гірських територій та умов лісозаготівельної діяльності. Запропонована конструкція (рис.1) у якій поєднується металева основа (80%) з елементами з вторинного пластику (20%). Такий підхід одночасно виконувати функції укріплення схилів, регулювання стоку, затримання твердого матеріалу селевого потоку при зниженні вартості та впливу на довкілля.



Рисунок 1 – Гібридна конструкція габіонів проти селевих чи зсувних процесів

На відміну від класичних габіонних споруд, гібридна система враховує змінний характер навантаження, який виникає під час інтенсивних опадів або раптового танення снігу. Завдяки поєднанню металевої сітчастої оболонки з кам’яним заповненням і елементами просторового армування забезпечується підвищена стійкість до динамічних впливів. Конструкція здатна частково деформуватися без втрати цілісності, що є принципово важливим для запобігання раптовому руйнуванню споруди. У разі проходження селевого потоку габіонна система поглинає частину кінетичної енергії, затримує великі уламки порід та деревину, зменшує швидкість руху мас і таким чином знижує руйнівний потенціал явища.

З позиції безпеки населення впровадження такої конструкції дозволяє створити додатковий бар’єр між зоною формування небезпечного процесу та населеними пунктами або об’єктами інфраструктури. Навіть часткове зниження швидкості й об’єму селевого потоку суттєво зменшує

ризик руйнування житлових будівель, транспортних шляхів і комунікацій, що безпосередньо впливає на збереження життя людей. У випадку зсувних процесів гібридні габіони виконують функцію підпірної системи, стабілізуючи нижню частину схилу та перерозподіляючи навантаження, що запобігає прогресуючому зміщенню ґрунтових мас.

Важливо підкреслити, що реалізація таких інженерних рішень також має враховувати вимоги охорони праці під час монтажу та експлуатації споруд. Роботи з улаштування габіонних конструкцій у гірській місцевості відносяться до категорії підвищеної небезпеки через ризик локальних обвалів, нестійкість основи та можливий вплив погодних чинників. Тому встановлення системи повинно здійснюватися після оцінки геотехнічного стану схилу, із забезпеченням тимчасового укріплення небезпечних ділянок та організацією безпечних підходів для працівників. Дотримання технологічної послідовності монтажу та контроль якості з'єднань є критично важливими для забезпечення довготривалої надійності споруди, від якої у подальшому залежить безпека населення.

Не менш важливим є впровадження систем моніторингу та раннього попередження. Контроль за рівнем ґрунтових вод, спостереження за станом схилів, аналіз інтенсивності атмосферних опадів та використання сучасних інформаційних технологій дають можливість прогнозувати розвиток небезпечних процесів і своєчасно інформувати населення. Підготовка громад до дій у надзвичайних ситуаціях, розробка планів евакуації та проведення навчань значно підвищують рівень захищеності людей.

Особливої уваги потребує питання охорони праці під час проведення лісозаготівельних робіт, оскільки саме персонал лісової галузі першим опиняється в зоні потенційної геологічної небезпеки. Роботи з виробки лісових ресурсів у гірській місцевості виконуються на схилах зі змінними показниками стійкості ґрунтів, у зоні дії поверхневого та підземного стоку, під впливом атмосферних опадів і сезонних коливань температур. У таких умовах навіть незначні порушення природної рівноваги можуть спричинити локальні зсуви, обвали або селеві явища, що безпосередньо загрожують життю працівників.

Під час валки дерев, трелювання та транспортування деревини додатково виникають динамічні навантаження на ґрунтовий масив, що знижують його стійкість. Використання важкої лісозаготівельної техніки призводить до ущільнення ґрунту, порушення природного дренажу та формування колій, які стають каналами концентрації води. За умов інтенсивних опадів це створює осередки перезволоження, де можливе раптове зрушення ґрунтових мас. Саме тому питання організації безпечних технологічних процесів має розглядатися не лише як виробнича необхідність, а як ключовий елемент системи управління ризиками.

Забезпечення безпеки працівників передбачає обов'язкове проведення інженерно-геологічної оцінки ділянок перед початком робіт,

визначення ступеня зсувонебезпечності схилів, аналіз гідрологічних умов та прогнозування можливих негативних процесів. Планування лісосік повинно враховувати крутизну схилів, тип ґрунтів і наявність водотоків, а також обмежувати виконання робіт у періоди підвищеної вологості. Важливою складовою є організація водовідведення, що запобігає накопиченню поверхневих вод і зменшує ризик втрати стійкості ґрунтів.

Не менш суттєвим чинником є підготовка персоналу до роботи в умовах підвищеної небезпеки. Працівники повинні володіти знаннями щодо ознак початкової стадії зсувних процесів, зокрема появи тріщин у ґрунті, деформації поверхні, зміни напрямку стоку води чи характерного шуму з боку схилу. Своєчасне виявлення таких ознак дає можливість оперативно припинити роботи та евакуювати людей із небезпечної зони. Проведення регулярних інструктажів, навчань з дій у разі виникнення надзвичайної ситуації та відпрацювання алгоритмів оповіщення значно підвищують рівень готовності колективу до можливих загроз.

Особливе значення має контроль технічного стану машин і механізмів, оскільки відмова гальмівних систем або втрати стійкості техніки на крутих схилах можуть призвести до перекидання машин та травмування персоналу. Організація безпечних маршрутів переміщення техніки, заборона її експлуатації на надмірно перезволожених ґрунтах і дотримання допустимих навантажень є обов’язковими умовами мінімізації виробничих ризиків.

Крім безпосередньої небезпеки зсувів і селів, працівники лісової галузі зазнають впливу супутніх факторів ризику, серед яких підвищена вібрація, шум, фізичне перевантаження, несприятливі метеорологічні умови та психологічна напруженість. У комплексі ці чинники знижують концентрацію уваги та швидкість реакції, що в умовах гірської місцевості може мати критичні наслідки. Тому система охорони праці повинна передбачати раціональні режими праці та відпочинку, забезпечення засобами індивідуального захисту, медичний контроль та психофізіологічний відбір персоналу для виконання робіт підвищеної небезпеки.

Таким чином, проблема профілактики селевих потоків і зсувів при виробці лісових ресурсів виходить за межі суто екологічного питання та набуває значення важливого чинника цивільної безпеки. Зменшення площі лісового покриву без належного врахування геодинамічних ризиків створює прямі загрози для населення гірських територій. Комплексний підхід, що поєднує екологічно обґрунтоване лісокористування, інженерний захист, моніторинг та підготовку населення, дозволяє суттєво знизити рівень небезпеки та підвищити стійкість регіонів до природних катастроф.

Збереження та відновлення лісових екосистем слід розглядати не лише як захід з охорони довкілля, а як стратегічний напрям забезпечення безпеки людей, стабільності інфраструктури та сталого розвитку гірських територій.

УДК 621.38

СЕНСОРИ ВОЛОГОСТІ НА ОСНОВІ АЛЮМОМАГНІЄВОЇ КЕРАМІКИ

***Валентина БАЛИЦЬКА**, канд. фізико-математичних наук,*
доц. кафедри фізики та хімії горіння
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

В умовах сьогодення особливої актуальності набуло розроблення нових типів високочутливих та високонадійних активних елементів сенсорів вологості [1]. Це зумовлено широким використанням цих пристроїв в системах забезпечення життєдіяльності на об'єктах гірничовидобувної промисловості, в метеорології, автомобільній промисловості, а також в різноманітних засобах побутової техніки [1-3].

Для успішного використання активних елементів сенсорів вологості може бути використана ціла низка матеріалів, серед яких важливе місце посідають електроліти, органічні полімери та пориста кераміка. Більшість сенсорів вологості складають пристрої на основі полімерів. Однак, коли йдеться про високу механічну, хімічну, термічну та фізичну стійкості, то незаперечну перевагу мають пористі вологочутливі керамічні компакти з високим вмістом вологосорбційних пор [1]. В керамічних сенсорах вологочутливі властивості пов'язані із зміною провідності та діелектричної проникливості у процесі адсорбції води зернами та капілярній конденсації на міжзеренних границях кераміки.

Так як кераміка на основі алюмомагнієвої кераміки володіє високою жаростійкістю, винятковими діелектричними (електроізоляційними) властивостями до температур порядку 1500°С, низькою густиною (3,58 г/см^3), високою хімічною стійкістю в жорстких атмосферних умовах та радіаційною стійкістю, то вона є одним з перспективних матеріалів для виготовлення активних елементів сенсорів вологості для використання в системах контролю та регулювання вологості в системах забезпечення життєдіяльності.[1-3].

Нанопориста шпінельна кераміка $MgAl_2O_4$ отримується традиційним методом керамічної технології. Підбираючи вихідні порошкові матеріали, одержані механічними, фізичними, хімічними або фізико-хімічними методами та шляхом модифікації температурно-часових режимів спікання, можна одержати необхідну мікроструктуру вологосорбційної кераміки.

Вологочутливість кераміки $MgAl_2O_4$ визначалась залежністю її електричного опору *R* від відносної вологості довколишнього середовища.

Електричний опір досліджуваних зразків вимірювався в камері тепла та вологи PR-3E "*ТАВАІ*" за температури 20°С на ділянці ВВ = 25…95%. Регулювання та стабілізація вологості в камері проводилося за допомогою психрометричного методу – за різницею показів так званих сухого та мокрого термометрів.

Значення відносної вологості для досліджуваних зразків кераміки визначалося за показами “мокрого” термометра, використовуючи психрометричну таблицю. В результаті одержували значення *R* для зразків алюмомагнієвої кераміки, як функцію відносної вологості за температури 20°С та частотии 500 Гц.

Для вивчення стабільності характеристик вологочутливої кераміки з часом проводились деградаційні випробування (витримка 240 год. за 40°С та відносної вологості), а також тест на так зване природне старіння (електрофізичні вимірювання після зберігання зразків за нормальних умов). Одержані залежності зображені на рис. 1.

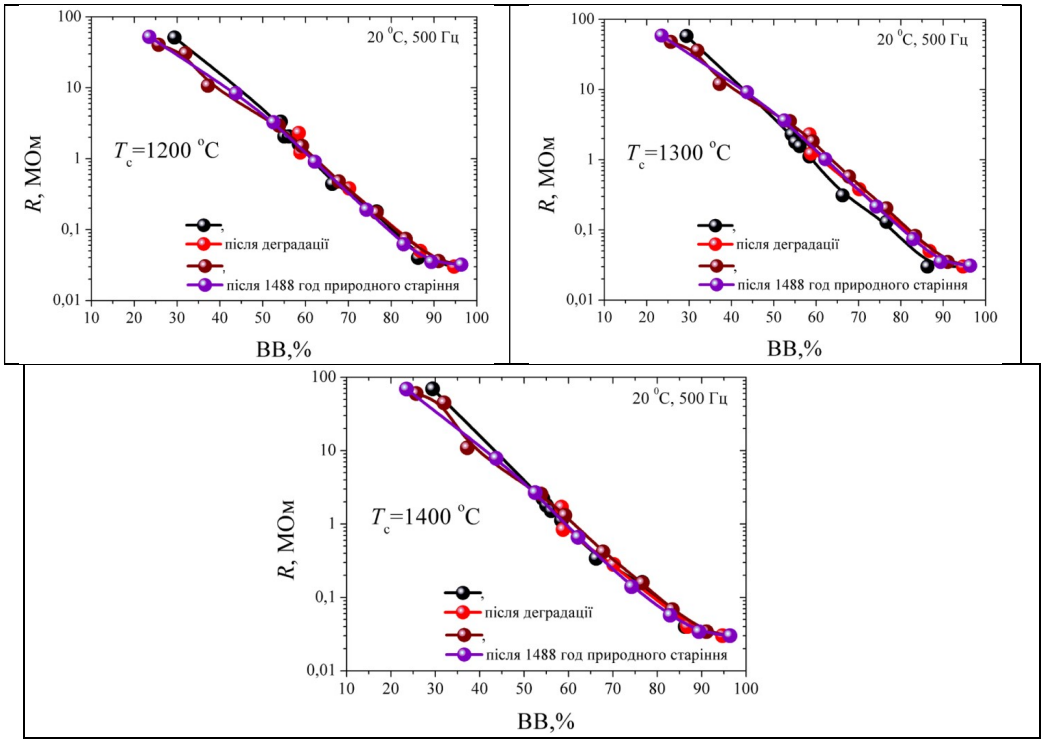


Рисунок 1 – Порівняння залежностей опору від відносної вологості для кераміки $MgAl_2O_4$, спеченої за 1200, 1300 та 1400°С, одержаних після деградаційних випробувань (240 год. за 40°С та ВВ = 95%) та природного старіння (температура вимірювань 20°С, частота вимірювань 500 Гц)

З наведених залежностей видно, що всі зразки не тільки непогано відновлюють свої параметри після витримки у природних умовах, але й завдяки такому природному фізичному старінню стають стабільнішими. Зменшується гістерезис характеристик в адсорбційно-десорбційних циклах, збільшується лінійність цих характеристик, а, відповідно, покращується чутливість активних елементів сенсорів вологості.

Очевидно, що додаткове фізичне старіння призвело до стабілізації робочих характеристик зразків кераміки, завдяки насиченню вологою частини тих її нанопор, які відповідають за процеси капілярної конденсації вологи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Traversa E. Ceramic sensors for humidity detection: the state-of-the-art and future developments / E. Traversa // Sens. Actuators. – 1995. – V. 23. – P. 135–156.
3. Shimizu Y. Theoretical studies on the impedance characteristics of ceramic humidity sensors / Y. Shimizu, H. Arai, T. Seiyama // Sens. Actuators. – 1985. – V. 7. – P. 11–22.
4. Seiyama T. Ceramic humidity sensors / T. Seiyama, N. Yamazoe, H. Arai // Sens. Actuators. – 1983.– V. 4.– P. 85–96.

УДК 614.84

ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ЛЕГКИЙ СИПКИЙ МАТЕРІАЛ + ШВИДКОТВЕРДІЮЧА ПІНА

***Олександр КІРЄЄВ**, д-р техн. наук, проф.*
Національний університет цивільного захисту України

Гасіння легкозаймистих рідин (ЛЗР) є одної з найбільш складних задач в пожежогасінні. Нормативні документи різних країн світу, в тому числі України, пропонують в якості основного засобу гасіння ЛЗР використовувати різного виду піни. Але піни мають ряд недоліків. Одним з основних недоліків вогнегасних пін є їх самовільне руйнування та руйнування під дією теплового випромінювання полум'я. Ще одним з недоліків багатьох видів пін є швидке їх руйнування в разі контакту з полярними рідинами. Це викликало потребу розробки пін спеціального призначення. Але таки піни малоефективні в разі їх використання для гасіння неполярних рідин.

До нових методів гасіння горючих рідин відноситься піни швидкого твердіння (ПШТ) [1], які раніш було запропоновано для ізоляції розливів токсичних рідин. Але ПШТ мають недолік – вони поступово занурюються в рідину. Для подолання цього недоліку пропонується наносити ПШТ на шар подрібненого піноскла (ПС) з розміром гранул 10-25 мм. Насипна густина обраного піноскла склала 98 ± 3 кг/м^3, а плавучість в більшості рідин 46 - 57%. Склад піноутворюючої композиції було обрано такий: гелеутворювач - $Na_2O{\cdot}2{,}5SiO_2$ (9%), каталізатор гелеутворення - $NaHCO_3$ (9%). Крім того в кожний розчин додавалось 6% піноутворювача «Морский» + 0,5% натрієвої солі карбометилцелюлози (КМЦ). Такий склад піноутворюючої композиції забезпечував час втрати текучості ПШТ 60±10 с. Процедура отримання піни складалась зі змішування розчину гелеутворювача і каталізатора гелеутворення в пластикової ємності з подальшим інтенсивним струшуванням протягом 10 - 15 с. Далі піна рівномірно виливалась на поверхню ПС до моменту припинення горіння.

Експериментально визначені плавучості (П) ПС які були розраховані за рівнянням:

$$П = \frac{h\uparrow}{h\uparrow + h\downarrow}, \quad (1)$$

де h↑ – висота шару ПС, що знаходиться вище (h↑) рівня рідини і нижче рівня рідини (h↓).

Крім того визначалась насипна густина ПС з розміром гранул 1-2,5 см. Відповідні результати наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розмір гранул ПС (*l*), плавучість ПС в бензині (Пл-б) та етанолі (Пл -е), насипна густина ПС (ρ)

l, мм	Пл-б, %	Пл-е, %	ρ, кг/м^3
10 – 25	52	55	98

Лабораторна методика визначення вогнегасної здатності системи ПС + ПШТ була розроблена на основі об'єднання двох методик – гасіння системами ПС + перліт і гасіння ПШТ. Як лабораторне модельне вогнище було обрано металічну циліндричну ємність з внутрішнім діаметром 11,2 см і висотою 11,0 см. В нього заливалось 110 мл легкозаймистої рідини. Рідина підпалювалась і через 1 хвилину засипався базовий шар ПС висотою 4 см. На нього по похилому жолобу рівномірно подавалась ПШТ до моменту припинення горіння. Після витримки 1 хвилини проводився дослід з визначення можливості повторного займання від дії відкритого полум'я.



Подавання ПШТ Припинення горіння бензину

Рисунок – Гасіння етанолу ПШТ

Вогнегасна маса шару ПШТ в разі гасіння бензину склала 16 г, що відповідає висоті шару ПШТ ~ 1,5 см. В разі гасіння етанолу витрати ПШТ склали 5,5 г, що відповідає висоті шару ПШТ 0,5 см.

Експериментальні результати для вогнегасної системи ПС + ПШТ представлені в таблиці 2. Також для порівняння в таблиці наведено відповідні результати отримані на такому же модельному вогнищі наступними засобами пожежогасіння на основі сипких матеріалів: ПС, ПС+H_2O, ПС+перліт, ПС+перліт+H_2O [2-3].

Таблиця 2 – Висоти (Н) та маси (М) сипких матеріалів, води і ШТП які потрібні для гасіння етанолу і бензину

Вогне-гасна система	ПС	ПС+H_2O	ПС+пер	ПС+пер+ +H_2O	ПС+ ПШТ
Етанол					
Н, см	7	5+0,1	4+1	4+0,5+0,1	4+0,5
М, кг/м^2	**7,4**	5,3+1=**6,3**	4,2+1,6=**5,8**	4,2+0,8+1=**6,0**	4,2+0,6=**4,8**
Бензин					
Н, см	11	9+0,1	4+2	4+1+0,1	4+1,5
М, кг/м^2	**11,6**	9,5+1=**10,5**	4,2+3,3=**7,5**	4,2+1,7+1=**6,9**	4,2+1,8=**6,0**

Висновки.

1. Для гасіння легкозаймистих рідин запропоновано використовувати двошарову вогнегасну систему піноскло + швидкотвердіюча піна. Нижній шар піноскла забезпечує плавучість вогнегасної системи. Верхній шар швидкотвердіючої піни має склад $Na_2O{\cdot}2{,}5SiO_2$ (9%) + $NaHCO_3$(9%) + 6%ПО + 0,5%КМЦ надає системі високі ізолюючи властивості.
2. Експериментально визначені плавучість піноскла в бензині та етанолі та його насипну густину.
3. На основі розробленої лабораторної методики експериментально визначена вогнегасна здатність обраної вогнегасної системи в разі гасіння неполярної рідини бензину і полярної рідини етанолу.
4. Встановлено, що серед вогнегасних система на основі легких сипких матеріалів найбільшу вогнегасну здатність при гасінні легкозаймистих рідин виявляє система піноскло + піна швидкого твердіння.
5. Показано, що в разі гасіння висококиплячих рідин найбільш ефективним вогнегасним засобом є система на основі сухого або змоченого піноскла.

ЛІТЕРАТУРА

1. Modeling the insulation properties of multicomponent solid foam-like material based on gel – forming systems. A.A. Kireev, I.K. Kirichenko, R.A. Petukhov, A. Ya. Sharshanov, T.A. Tarkho. Functional matireals. 2021.-Vol 28.- N 3.- p.549-555.
2. Makarenko, V., Kireev, A., Slepuzhnikov, Y., Hovalenkov, S. (2023). Properties of multi-component fire extinguishing systems based on light bulk materials. Key Engineering Materials, 954, 177–184. https://doi.org/10.4028/p-6v6dmx

3. Бабашов І. Б., Дадашов І. Ф., Кірєєв О. О., Савченко О. В., Мусаєв М. Є. Результати визначення вогнегасних характеристик легких сипких матеріалів при гасінні етанолу. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 1(37). С. 250-263. DOI: https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-37-18.

УДК 614.8

ЙМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ ТА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Віталій ЗАЖОМА**, канд. техн. наук, доц.,*
***Олександр РЯБЧУН**, курсант навчально-наукового інституту оперативно-рятувальних сил*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний етап розвитку системи цивільного захисту України характеризується зростанням складності загроз природного, техногенного та воєнного характеру. Надзвичайні ситуації мають динамічний, багатофакторний характер, що суттєво ускладнює процес прогнозування їх розвитку та прийняття управлінських рішень. В умовах обмеженого часу, дефіциту ресурсів і неповної інформації особливого значення набуває формування адекватної ситуаційної обізнаності та впровадження інтелектуалізованих механізмів підтримки прийняття рішень.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України [1], органи управління цивільного захисту зобов’язані забезпечувати своєчасне отримання, обробку та аналіз інформації про загрози і надзвичайні ситуації. Нормативна база визначає загальні принципи функціонування системи, проте не деталізує формалізованих підходів до оцінювання невизначеності та кількісного аналізу ризику. У зв’язку з цим виникає необхідність наукового обґрунтування моделей, які дозволяють інтегрувати різнорідні дані, оцінювати ризики та формувати рекомендації щодо оптимальних управлінських дій.

Дослідження ефективності систем цивільного захисту, представлене у роботі [2], підтверджує, що якість інформаційно-аналітичного забезпечення безпосередньо впливає на результативність реагування. Зазначено, що підвищення оперативності прийняття рішень і зниження ймовірності помилкових управлінських дій є ключовими факторами підвищення ефективності системи в цілому. Проте традиційні автоматизовані системи здебільшого обмежуються функціями збору та відображення інформації, не забезпечуючи формалізованої підтримки вибору рішень в умовах невизначеності.

Теоретичні засади кількісного аналізу ризику були закладені у роботі [3], де ризик визначено як поєднання можливих сценаріїв розвитку подій, їх імовірностей та наслідків. Такий підхід дозволяє структурувати процес аналізу небезпечних ситуацій через відповідь на три фундаментальні

питання: що може статися, з якою ймовірністю та які будуть наслідки. Подальший розвиток теорії ризику відображено у працях [4-5], які наголошують на необхідності врахування невизначеності вихідних даних та багатокритеріального характеру управлінських рішень у складних системах.

Застосування зазначених підходів у сфері цивільного захисту дозволяє перейти від інтуїтивного реагування до формалізованої моделі підтримки прийняття рішень. У цьому контексті ситуаційна обізнаність розглядається як інтегроване уявлення про поточний стан обстановки, прогноз її розвитку та потенційні наслідки для населення, територій і критичної інфраструктури.

Формування ситуаційної обізнаності передбачає інтеграцію інформації з різнорідних джерел, зокрема оперативних донесень, сенсорних систем моніторингу, геоінформаційних ресурсів, метеорологічних даних та інформації про наявні сили і засоби реагування. Ці джерела можуть відрізнятися за точністю, повнотою та оперативністю, а також бути вразливими до технічних або кібернетичних впливів. За таких умов доцільним є застосування ймовірнісного підходу до інтеграції даних, що дозволяє враховувати ступінь довіри до кожного джерела та формувати оперативну картину обстановки з урахуванням невизначеності.

Ймовірнісна модель ситуаційної обізнаності передбачає, що оцінка стану обстановки не є фіксованим значенням, а описується через інтервал можливих значень із певною мірою впевненості. Такий підхід забезпечує більш гнучке управління та дозволяє керівникам приймати рішення з урахуванням можливих варіацій розвитку подій.

Для практичної реалізації зазначеної концепції доцільно використовувати інтегральний показник ризику, який визначається як добуток ймовірності небезпечної події, тяжкості її наслідків та вразливості об’єкта або території. Ймовірність формується на основі прогнозу розвитку подій з урахуванням доступної інформації, тяжкість наслідків оцінюється через можливий вплив на життя і здоров’я людей, довкілля та матеріальні ресурси, а вразливість характеризує здатність системи протистояти негативному впливу. Такий підхід узгоджується з положеннями теорії аналізу ризику [3-5] та забезпечує можливість кількісного порівняння альтернативних варіантів реагування.

Процес прийняття управлінських рішень у сфері цивільного захисту має багатокритеріальний характер. Керівник повинен одночасно враховувати рівень ризику, час реагування, наявність ресурсів, безпеку особового складу та соціально-економічні наслідки прийнятих рішень. У загальному вигляді завдання полягає у виборі такого варіанта дій, який мінімізує інтегральний ризик за умови раціонального використання ресурсів. Реалізація цього підходу можлива шляхом створення автоматизованої системи підтримки прийняття рішень, що формує рекомендації на основі аналізу альтернатив та оцінювання їх наслідків.

Важливою складовою таких систем є забезпечення їх стійкості та інформаційної безпеки. У сучасних умовах інформаційні системи цивільного захисту можуть бути об’єктом кібернетичних впливів, що призводить до ризику спотворення даних або порушення їх цілісності. У роботі [6] доведено ефективність застосування механізмів виявлення аномалій мережевого трафіку для запобігання несанкціонованим втручанням. Застосування подібних підходів у системах цивільного захисту дозволяє підвищити рівень довіри до інформації, що використовується для прийняття рішень.

Питання криптографічного захисту технічних параметрів та забезпечення цілісності даних розглянуто у дослідженні [7], де запропоновано спрощені алгоритми захисту інформації. Інтеграція таких механізмів у системи підтримки прийняття рішень дозволяє зменшити ризик несанкціонованої модифікації даних та підвищити стійкість інформаційної інфраструктури.

Таким чином, запропонований ймовірнісний підхід до формування ситуаційної обізнаності поєднує теоретичні засади аналізу ризику, методи інтеграції гетерогенних даних та механізми забезпечення інформаційної безпеки. Його реалізація створює передумови для підвищення ефективності управління у процесі ліквідації надзвичайних ситуацій різного характеру. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення програмного прототипу системи підтримки прийняття рішень, проведення експериментальної апробації під час тактико-спеціальних навчань та оцінювання впливу запропонованого підходу на скорочення часу прийняття рішень і зниження рівня ризику.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змінами).
2. Мирошник О., Землянський О., Дендаренко В., Зажома В. Оцінка ефективності системи цивільного захисту з попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у прикордонних районах України // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація. 2025. Т. 9, № 1. С. 105–114.
3. Kaplan S., Garrick B. J. On the quantitative definition of risk // Risk Analysis. 1981. Vol. 1, No. 1. P. 11–27.
4. Aven T. Risk Analysis: Assessing Uncertainties beyond Expected Values and Probabilities. Hoboken : John Wiley & Sons, 2008.
5. Haimes Y. Y. Risk Modeling, Assessment, and Management. 3rd ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2009.
6. Сисоєнко С. В., Бабенко В. Г., Зажома В. М. Система моніторингу трафіку локальної мережі з функцією виявлення аномалій // Наука і техніка сьогодні. 2025. № 6 (47). URL: http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/25866.
7. Розломій І., Науменко С., Симонюк В., Пташенчук В., Зажома В. Полегшена криптографія для безпеки параметрів вібрації в постобробці 3D-друкованих деталей // Information Technology and Society. 2025. С. 175–182. DOI: https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.2.25.

УДК 351.861:504.064:614.8

СИСТЕМА ДЛЯ ОРІЄНТУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ З НЕЗАДОВІЛЬНИМ ВІЗУАЛЬНИМ КОНТРОЛЕМ

***Олександр ЛЄВТЄРОВ**, д-р техн. наук, проф., доц.,*
***Євгеній СТАТИВКА**, ад'юнкт докторантури-ад'юнктури*
Національний університет цивільного захисту України

Орієнтування в умовах обмеженої видимості (задимлення, пил, темрява, складна конфігурація приміщень) є критично важливим функціональним елементом під час проведення рятувальних робіт, виконання військових завдань, інспектування промислових об'єктів, а також у низці прикладних цивільних застосувань. Як зазначено у роботі [1], за таких умов порушується візуальне сприйняття простору, знижується швидкість і точність переміщення, зростає ймовірність зіткнень з перешкодами та помилок вибору маршруту, що безпосередньо погіршує безпеку оператора і результативність виконання робіт. Метою роботи є підвищення ефективності просторової орієнтації в середовищі з незадовільним візуальним контролем шляхом оптимізації геометрії ближнього зонування простору та підвищення достовірності виявлення перешкод у режимі реального часу.

Запропонована система реалізована у вигляді носимого комплексу (рис. 1) на базі шолома.

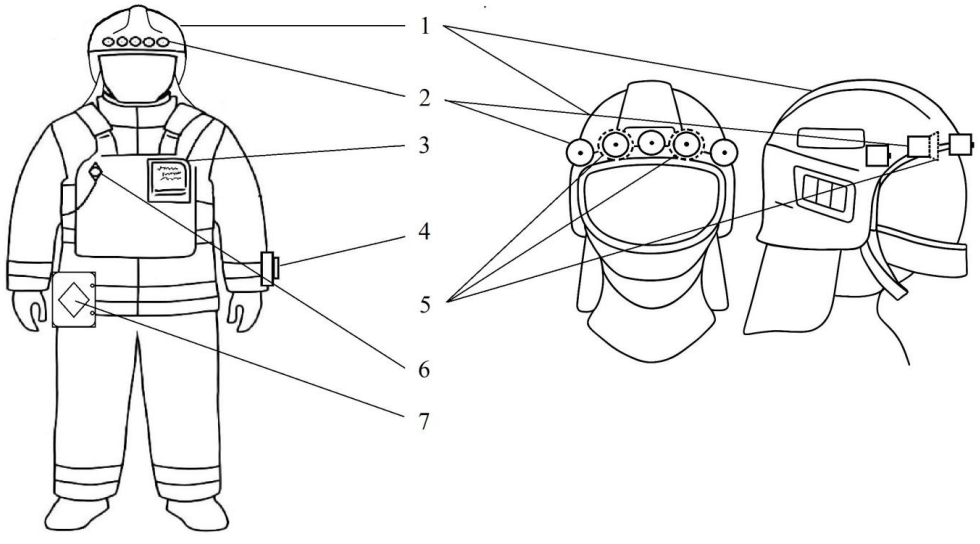


Рисунок 1 – Схема будови системи для орієнтування в середовищі з незадовільним візуальним контролем

Містить: 1 – корпус шолома, 2 – п'ять ультразвукових сенсорів, 3 – обчислювальний блок, 4 – дисплей, 5 – конусні захисні екрани для сенсорів, 6 – звуковий зумер, 7 – блок живлення.

Елементи розміщуються модульно. Сенсори встановлені на корпусі шолома; обчислювальний блок і зумер – на грудній частині спорядження; дисплей – на передпліччі оператора; блок живлення – на поясі. Таке компонування зменшує вагове навантаження на шийний відділ та покращує ергономіку користування під час руху.

Принцип дії ґрунтується на ультразвуковому скануванні простору. Сенсори випромінюють акустичні хвилі високої частоти (близько 40 кГц), які відбиваються від об'єктів, після чого реєструються приймачем. Обчислювальний блок визначає відстань до перешкоди за часом проходження сигналу та формує умовну «акустичну карту перешкод» навколо оператора. Інформація про середовище подається візуально на дисплеї (для швидкого сприйняття структури перешкод) і звуковою індикацією (зміна частоти/інтенсивності сигналу як маркер наближення до об'єкта). Це скорочує час сенсомоторної реакції та підтримує орієнтацію навіть при нульовій видимості.

Ключовою особливістю конструкції є використання конусних захисних екранів, які формують спрямованість випромінювання, знижують взаємовплив датчиків та зменшують інтерференційні спотворення. Геометрія зонування налаштована на ближню робочу дистанцію. Система забезпечує контроль у секторі, що відповідає ширині 0,9 м на відстані близько 1 м, із можливістю масштабування робочої дистанції до 10–15 м залежно від параметрів середовища. Ширина 0,9 м узгоджується з типовими розмірами стінових прорізів і дверних блоків у будівлях та спорудах згідно з вимогами нормативних документів [2], [3], що підвищує практичну придатність системи для руху евакуаційними шляхами та проходження стандартних прорізів.

Таким чином, запропонована корисна модель підвищує достовірність і точність орієнтування за рахунок масиву з п'яти екранованих ультразвукових сенсорів, адаптивної геометрії зонування простору та комбінованої (візуально-звукової) індикації. Конструктивне узгодження сектору сканування з типовими параметрами будівельної інфраструктури та ергономічне модульне рознесення вузлів забезпечують зручність використання і потенціал інтеграції системи в задачі рятувальної практики, військових застосувань і технічного інспектування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Loboichenko V., Wilk-Jakubowski J. L., Levterov A., Wilk-Jakubowski G., Statyvka Y., Shevchenko O. Using the Burning of Polymer Compounds to Determine the Applicability of the Acoustic Method in Fire Extinguishing // *Polymers*. – 2024. – Vol. 16. – No. 23. – Article 3413. – https://doi.org/10.3390/polym16233413.
2. Державні будівельні норми України**.** Інклюзивність будівель і споруд. ДБН В.2.2-40:2018. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2018. 48 с.
3. Державні будівельні норми України. Житлові будинки. ДБН В.2.2-15:2019. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2019. 52 с.

УДК 614.8

РОЛЬ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ У ПІДВИЩЕННІ РІВНЯ ГОТОВНОСТІ ДО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Руслана ГОРБАТЮК**, курсантка 3-го курсу навчально-наукового інституту цивільного захисту,*
***Віталій СТЕПАНЕНКО**, д-р філософії*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується активною цифровізацією процесів управління, комунікації та забезпечення безпеки, що безпосередньо впливає на систему цивільного захисту населення. В умовах зростання кількості надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру особливої актуальності набуває питання підвищення рівня готовності до їх виникнення та ефективного реагування. У цьому контексті важливу роль відіграють цифрові платформи, які стають ключовим інструментом сучасної системи безпеки . У інформаційному суспільстві цифрова культура розуміється як сукупність норм і правил поведінки людини під час використання інформаційнокомунікаційних технологій. Іншими словами, це система цінностей, знань і умінь, що визначає, як особистість взаємодіє з цифровим середовищем. Цифрова культура охоплює раціональне споживання інформації, критичне мислення щодо джерел даних та етичні аспекти онлайн-взаємодії. Високий рівень цифрової культури забезпечує вміння людини ефективно сприймати, обробляти та використовувати інформацію, що стає невід'ємною частиною способу життя у цифрову епоху [1].

Цифрові платформи у сфері надзвичайних ситуацій являють собою програмно-інформаційні комплекси, що забезпечують збір, обробку, аналіз і передачу інформації у режимі реального часу. До них належать системи раннього виявлення загроз, автоматизовані системи оповіщення населення, геоінформаційні системи (ГІС), мобільні застосунки для інформування громадян, а також аналітичні платформи підтримки прийняття управлінських рішень.

Однією з ключових переваг цифрових платформ є можливість своєчасного оповіщення населення про загрозу виникнення надзвичайної ситуації. Завдяки використанню мобільного зв'язку, інтернет-ресурсів та спеціалізованих застосунків інформація може бути оперативно доведена до широкого кола осіб, що дозволяє зменшити паніку, скоротити час реагування та знизити рівень людських втрат . У кризових ситуаціях, таких як природні катастрофи, техногенні аварії або епідемії, соціальні мережі забезпечують швидкий та ефективний канал комунікації, що дозволяє

оперативно інформувати населення про загрози, рекомендації щодо безпеки та дії в умовах надзвичайних ситуацій. Завдяки миттєвому обміну інформацією користувачі можуть отримувати актуальні новини з перших вуст, що сприяє підвищенню рівня обізнаності і готовності населення до реагування.

Однак, разом з можливостями, які надають соціальні мережі, існують і серйозні ризики. По-перше, поширення неперевіреної або неправдивої інформації може призвести до паніки, дезорієнтації та навіть загрози життю людей. Фейкові новини можуть швидко розповсюджуватися, викликаючи хибні уявлення про ситуацію та заважаючи ефективному реагуванню служб надзвичайних ситуацій. По-друге, соціальні мережі можуть стати платформою для маніпуляцій і політичних ігор, коли інформація використовується для досягнення певних цілей або дискредитації опонентів.

Крім того, не всі користувачі соціальних мереж мають достатній рівень критичного мислення для оцінки достовірності отриманої інформації. Це може призвести до ситуацій, коли люди слідують неправдивим порадам або інструкціям, що може загрожувати їхній безпеці. Важливо також враховувати той факт, що в умовах надзвичайних ситуацій доступ до інтернету може бути обмеженим, що ускладнює можливість отримання важливої інформації [2].

Важливою складовою ефективного функціонування цифрових платформ у сфері надзвичайних ситуацій є підвищення рівня цифрової грамотності як населення, так і фахівців органів цивільного захисту. Наявність сучасних цифрових інструментів не гарантує їх результативного використання без належної підготовки користувачів. Тому впровадження систематичних навчальних програм, тренувань та інформаційно-просвітницьких заходів із використанням цифрових платформ є необхідною умовою формування стійкої готовності до реагування на надзвичайні ситуації та зниження ризиків, пов’язаних з людським фактором.

Окремої уваги потребує питання інтеграції цифрових платформ цивільного захисту з національними та місцевими системами управління. Створення єдиного інформаційного простору дозволяє забезпечити безперервний обмін даними між органами влади, аварійно-рятувальними службами та населенням, що підвищує узгодженість дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Використання геоінформаційних сервісів, аналітичних панелей та елементів автоматизованого управління сприяє більш точному прогнозуванню ризиків, своєчасному прийняттю управлінських рішень і раціональному використанню ресурсів, що є особливо важливим в умовах обмеженого часу та підвищеної небезпеки.

Для органів управління та аварійно-рятувальних підрозділів цифрові платформи є ефективним засобом координації дій. Вони дозволяють

інтегрувати інформацію з різних джерел, здійснювати аналіз оперативної обстановки, планувати залучення сил і засобів та контролювати хід ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у реальному часі.В умовах воєнного стану значення цифрових платформ суттєво зростає. Вони забезпечують функціонування систем оповіщення, збір інформації про наслідки надзвичайних подій, організацію евакуаційних заходів та надання допомоги постраждалому населенню. Інтеграція цифрових платформ із державними інформаційними системами безпеки сприяє підвищенню стійкості країни до сучасних загроз [3].

Таким чином, цифрові платформи є невід'ємною складовою сучасної системи готовності до надзвичайних ситуацій. Їх впровадження та розвиток дозволяють підвищити рівень захищеності населення, оперативність управлінських рішень та ефективність реагування, що відповідає положенням чинних нормативно-правових актів і стратегічних документів України.

ЛІТЕРАТУРА

1. В. С. Петренко, О. М. Саух. Формування цифрової культури пожежної безпеки у здобувачів освіти засобами e-learning. Збірник наукових праць «*Пожежна безпека", 2025 , 46, с. 116-125.*
2. Степаненко В. О., Троян І. С. Вплив соціальних мереж на поширення інформації про надзвичайні ситуації . Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту», 2025, с.87
3. Стратегія цифрової трансформації України до 2030 року. – Київ, 2021.

УДК 614.841

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ

***Вадим НІЖНИК**, д-р техн. наук, проф.,*
Максим ОСАДЧУК
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту НУЦЗ України

Пожежі в екосистемах є однією з найбільш руйнівних загроз для природного середовища та людства. Щороку мільйони гектарів лісів, степів та інших природних ландшафтів охоплюються вогнем, що призводить до непоправних екологічних, економічних та соціальних наслідків. Сприяє цьому і глобальне потепління, значно збільшуючи ймовірність пожеж в екосистемах. За рахунок підвищення температури навколишнього середовища, збільшується посуха та відбуваються зниження опадів, що у свою чергу призводить до більш сприятливих умов для виникнення та швидкого поширення вогню.

На сьогоднішній день по всьому світу спостерігається небезпечна тенденція щодо збільшення кількості та масштабів пожеж в екосистемах, що відповідно, кратно збільшує і наслідки від таких пожеж. Зокрема, небезпечними є лісові пожежі, які за сприятливих для себе обставин – погодних умов, вітру, наявності горючих матеріалів та рельєфу місцевості, можуть досить швидко збільшуватися та досягати швидкості поширення близько 100 м/хв. Стрімка динаміка пожежі, значна віддаленість та обмежений доступ особового складу та пожежної техніки до осередку пожежі, а також відсутність в достатній кількості вододжерел для безперебійної подачі вогнегасних речовин, значно ускладнює гасіння лісових пожеж, змушуючи пожежні підрозділи в таких умовах постійно маневрувати.

В Україні, особливо в умовах тривалої повномасштабної війни, коли бойові дії стають додатковим чинником виникнення пожеж, питання ефективного гасіння пожеж в екосистемах набуває особливого значення [1].

Боротьба з лісовими пожежами включає в себе широкий комплекс різних заходів [2]. Наразі спостерігається різке збільшення ресурсів для боротьби з пожежами. Це призводить до постійного пошуку нових засобів гасіння лісових пожеж, а також до вдосконалення існуючих методів і технічних засобів. Одним із прогресивних напрямків є гасіння лісових пожеж компресійною піною [3,4].

Перш за все слід зазначити, що профілактика пожеж здійснюється за рахунок проведення агітаційно-роз’яснювальної роботи серед населення, заборони спалювання сухої трави, сміття та рослинних залишків, обмеження доступу до лісових масивів у пожежонебезпечний період, а також встановлення попереджувальних знаків і облаштування місць для відпочинку з дотриманням правил пожежної безпеки.

Профілактика лісових пожеж також здійснюється за рахунок моніторингу лісових масивів**,** регулярного патрулювання лісів, використання сучасних технологій, таких як розвідувальні дрони та супутники та використання штучного інтелекту [5]. Вказані заходи допомагають вчасно виявити осередки загоряння та оперативно відреагувати на ранній стадії виникнення пожежі, що значно спрощує боротьбу з вогнем та сприяє мінімізації збитків від пожежі.

Заслуговує уваги метод гасіння пожеж у природних екосистемах шляхом застосування загороджувальних смуг із компресійної піни [6]. Загороджувальні смуги створені із хімічних речовин. Локалізація низових пожеж за допомогою загороджувальних смуг із компресійної піни є сучасною та ефективною технологією, яка дозволяє значно підвищити швидкість та якість гасіння пожеж у лісах, степах та на торфовищах. Цей метод поєднує ізолюючі властивості спеціальних піноутворювачів, створюючи стійкий бар'єр на шляху вогню. Компресійна піна (CAF –

Compressed Air Foam) – це суміш води, піноутворювача (поверхнево-активної речовини) та стисненого повітря. На відміну від звичайної піни, що утворюється шляхом ежекції (підсмоктування повітря), компресійна піна створюється в спеціальній камері під тиском. Це дозволяє отримати однорідну, дрібнодисперсну та стабільну структуру з бульбашок однакового розміру. В свою чергу дана технологія неодноразово продемонструвала свою ефективність в інших галузях [7,8].

Основні переваги компресійної піни:

– висока адгезія. Піна щільно прилипає до будь-яких поверхонь (трави, листя, гілок, ґрунту), створюючи довготривалий ізолюючий шар;

– низька щільність. Завдяки великому вмісту повітря (співвідношення води до готової піни може сягати 1:20 і більше), вона легка і може подаватися на значні відстані та висоту.

– стійкість. Загороджувальна смуга з компресійної піни може зберігати свою структуру від кількох десятків хвилин до кількох годин, залежно від погодних умов та концентрації піноутворювача;

– висока змочувальна здатність. Вода, що вивільняється з піни, ефективно просочує горючі матеріали, знижуючи їх температуру та запобігаючи повторному займанню.

Для генерації компресійної піни використовуються спеціалізовані системи CAF, які встановлені на пожежних автоцистернах, невеликих мобільних установках або навіть у ранцевих апаратах. Система складається з ємностей для води та піноутворювача, насоса, компресора та змішувальної камери.

Оператор за допомогою пожежного ствола наносить компресійну піну на рослинність та поверхню ґрунту, формуючи суцільну, безперервну смугу необхідної ширини та висоти. Ширина смуги: Зазвичай становить від 0,5 до 1,5 метра. Висота смуги: Залежить від висоти трав'яного покриву та інтенсивності пожежі, зазвичай від 20 до 50 см.

Серед недоліків використання компресійної піни для гасіння лісових пожеж слід відзначити:

– висока вартість обладнання. Системи CAF є дорожчими за традиційні пожежні насоси;

– необхідність постійних витрат на спеціальні піноутворювачі;

– екологічний аспект. Піноутворювачі є хімічними речовинами, їх потрапляння у водойми у великих кількостях може мати негативний вплив на водні екосистеми;

– обмежена ефективність при верхових пожежах. Метод найбільш ефективний саме для низових та торф'яних пожеж. Для боротьби з верховими пожежами потрібні інші підходи, хоча піна може використовуватися для захисту крон дерев.

Отже використання компресійної піни є перспективним, як для цілей гасіння пожежі, так і для цілей її локалізації, зокрема низових пожеж в

екосистемах. Важливим аспектом є способи та засоби для генерації компресійної піни. Так основним недоліком існуючих засобів є їх висока вартість та низька продуктивність. Тому створення нового способу генерації компресійної піни є актуальною науково-технічною задачею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Popovych, V., Hapalo, A. (2020). Температурний вплив ландшафтних пожеж на екологічний стан едафотопу. *ZN SGSP*, *76*, 29-45.
2. Сукач, Р. Ю., Ковалишин, В. В., & Кирилів, Я. Б. (2021). Тактика гасіння та протипожежне обладнання для ліквідації пожеж в екосистемах торф-ліс. *Sciences of Europe*, (62-1), 44-48.
3. Ліхньовський, Р. В.,Білошицький, М. В., Жартовський, С. В.,Копильний, М.І, Корнієнко, О. В. (2017). Експериментальне визначення впливу розведення розчинів вогнезахисних. *Науковий вісник: цивільний захист та пожежна безпека*, (1), 117-122.
4. Ковалишин В.В., Лозинський Р.Я., Войтович Т.М., Ковалишин Вол.В., Великий Н.Р. (2022). Розширення галузі застосування компресійної піни. Зб. наук. праць Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, 372-374.
5. Сидоренко, В. Л., Присяжнюк, В., Осадчук, М. В., & Свірський, В. В. (2025). *Інноваційні методи попередження пожеж та надзвичайних ситуацій* (Doctoral dissertation, Національний університет цивільного захисту України), 340-342.
6. Осадчук М.В. (2025). Про способи одержання та перспективи використання компресійної піни. *Scientific bulletin: Civil protection and fire safety*, 31-39.
7. Осадчук М.В., Ніжник В.В., Актуальність застосування компресійної піни для гасіння пожеж на трансформаторних підстанціях: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «PROBLEMS OF EMERGENCY SITUATION» м. Черкаси, НУЦЗ України, 2025. с. 97-98.
8. Одинець, А., Ніжник, В., Сізіков, О., Фещук, Ю., Балло, Я., Климась, Р., Жихарєв, О. (2022). Обґрунтування додаткових заходів щодо оперативних дій під час гасіння пожеж на складах нафтопродуктів в умовах бойових дій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, (1 (13)), 72-79.

УДК 331.45:004:699.86

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ ІТ-ПЕРСОНАЛУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ

***Євгеній ШАЙДЮК**, аспірант,*
***Оксана КАСЬЯНОВА**, канд. техн. наук, доц.*
Київський національний університет будівництва і архітектури

За останні роки ІТ-сфера перетворилась на один з найбільших секторів економіки, що супроводжується зростанням чисельності працівників у цій галузі. Паралельно спостерігається активне впровадження принципів зеленого будівництва, зокрема сертифікації офісних центрів за міжнародними стандартами LEED та BREEAM [1, 2].

Проте питання, наскільки ефективно такі будівлі захищають здоров'я ІТ-персоналу порівняно з традиційними офісами, досліджене недостатньо.

Специфіка роботи ІТ-фахівців передбачає тривалий контакт з електромагнітними полями від серверного та мережевого обладнання, постійне навантаження на зоровий апарат через роботу з кількома моніторами одночасно, вплив летючих органічних сполук від нагрітих електронних компонентів [3]. До цього додаються психоемоційні навантаження через дедлайни проектів, гіподинамія та часті порушення режиму праці й відпочинку [4]. Такий комплекс факторів вимагає не точкових заходів, а саме системного управління професійними ризиками.

Інтегрована система моніторингу ризиків для ІТ-персоналу

У відповідь на виявлені проблеми розроблено систему управління ризиками, що охоплює п'ять взаємопов'язаних етапів роботи [4].

Робота починається з ідентифікації небезпечних факторів: визначаються джерела електромагнітних полів у серверних кімнатах та на робочих місцях [3], аналізується ергономіка організації робочих зон, оцінюються психофізіологічні навантаження на персонал. Матрична методика оцінки ризиків (ДСТУ ISO 31000:2018) дає змогу ранжувати виявлені небезпеки та визначити, які з них потребують першочергового втручання [5].

Наступний крок полягає у розробці конкретних заходів мінімізації. Технічна складова включає екранування джерел ЕМП, облаштування ергономічних робочих місць, модернізацію систем вентиляції. Організаційні рішення охоплюють регламентовані перерви у роботі, чергування різних типів завдань для зменшення монотонності, обмеження безперервної роботи з відеодисплейними терміналами.

Впровадження заходів безпеки реалізується через інтеграцію технічних засобів моніторингу. Система працює у режимі реального часу: щогодини фіксуються параметри мікроклімату на робочій висоті 1,2 м протягом всієї 8-годинної зміни, при досягненні концентрації CO^2 понад 800 ppm автоматично активується додаткова вентиляція [4].

Контрольна функція системи забезпечується через автоматизований збір даних про стан робочого середовища та періодичний аналіз показників здоров'я працівників. Вимірювання проводяться сертифікованими приладами: термоанемометр Testo 435-4, газоаналізатор CO^2 AZ-77535, вимірювач електромагнітних полів ПЗ-50, люксметр Testo 545 [4].

Завершальний елемент системи – механізм постійного вдосконалення, що базується на зворотному зв'язку від працівників через опитування та аналізі даних з систем управління будівлею [4].

Порівняльний аналіз традиційних та екологічних офісних будівель

Для перевірки ефективності розробленої системи дослідження проводилось у трьох типах офісних будівель: традиційній будівлі без

сертифікації, офісному центрі зі стандартом LEED [1] та будівлі, сертифікованій за BREEAM [2].

Найбільш помітна різниця виявилась у показниках якості повітря. Концентрація CO^2 у зелених будівлях виявилась нижчою на 19-23%: у LEED-сертифікованому офісі вона коливалась у межах 672±85 ppm, у BREEAM - 645±70 ppm, тоді як у традиційній будівлі сягала 835±125 ppm [4]. Пояснюється це насамперед більш продуктивними системами вентиляції та застосуванням оздоблювальних матеріалів з мінімальною емісією летючих органічних речовин.

Суттєво відрізняються й умови природного освітлення. Коефіцієнт природної освітленості у сертифікованих будівлях виявився на 62-71% вищим (3,4±0,5% у LEED та 3,6±0,4% у BREEAM) порівняно з традиційним офісом (2,1±0,6%) [4]. Це має пряме значення для зорового комфорту працівників та підтримання природних біоритмів організму.

Щодо електромагнітного випромінювання, то у зелених будівлях його рівні виявились меншими на 17-20% (0,62±0,18 мкТл та 0,60±0,15 мкТл проти 0,75±0,25 мкТл у традиційній будівлі) [3, 4]. Досягається це завдяки використанню екранованих кабельних систем та продуманому плануванню розміщення серверних і комунікаційних вузлів.

Вплив цих факторів на працездатність персоналу виявився досить помітним. MacNaughton та співавтори зафіксували підвищення когнітивних функцій на 26,4% серед 109 учасників у 10 високоефективних зелених будівлях [6]. За даними кількох незалежних досліджень [6, 7, 8], покращення вентиляції та зниження рівня забруднювачів повітря знижує частоту симптомів "синдрому хворої будівлі" на 30%. До таких симптомів належать головний біль, швидка втомлюваність очей, подразнення слизових оболонок і загальний дискомфорт протягом робочого дня.

Економічна сторона питання також заслуговує на увагу. Операційні витрати у сертифікованих будівлях виявились меншими завдяки автоматизації контрольних процесів та нижчій захворюваності персоналу. За даними World Green Building Council, зелені будівлі забезпечують зниження витрат на охорону здоров'я та підвищення продуктивності праці, що в сукупності перекриває додаткові інвестиції у будівництво [9].

Висновки

Результати дослідження показують, що запропонована система управління ризиками працює ефективніше саме у будівлях з екологічною сертифікацією LEED чи BREEAM [1, 2]. Пояснюється це тим, що такі будівлі спочатку проектуються з урахуванням вимог до якості внутрішнього середовища, що створює кращі вихідні умови для IT-персоналу [9].

Практичне застосування розроблених рішень можливе при плануванні нових офісних центрів для IT-компаній, модернізації наявних

будівель та формуванні внутрішньокорпоративних стандартів охорони праці. Система дозволяє не лише мінімізувати професійні ризики, а й підвищити продуктивність через створення комфортніших умов праці.

Подальша робота може розвиватись у кількох напрямках. По-перше, доцільно опрацювати алгоритми автоматичного коригування параметрів середовища на основі машинного навчання. По-друге, потребує окремого вивчення вплив VR та AR обладнання на зоровий апарат працівників, оскільки ці технології активно впроваджуються у ІТ-сфері. По-третє, актуальним є питання адаптації системи до гібридного формату роботи, коли частина персоналу працює віддалено.

ЛІТЕРАТУРА

1. LEED v4.1 Building Design and Construction. U.S. Green Building Council, 2021. 156 p. URL: https://www.usgbc.org/sites/default/files/2021-03/LEED%20v4.1%20BD+C%20Guide%2004092019.pdf
2. BREEAM International New Construction 2016. Technical Manual SD5078. BRE Global Ltd, 2016. 412 p. URL: https://hbreavis.com/wp-content/uploads/2017/06/BREEAM-International-New-Construction-2016.pdf
2. Глива В.А., Левченко Л.О., Панова О.В. Просторові розподіли електромагнітних полів у приміщеннях різного призначення. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». 2020. № 41. С. 65-74. URL: http://mining.kpi.ua
3. Шайдюк Є.С. Управління ризиками для працівників ІТ-сфери в контексті принципів зеленого будівництва // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Green Construction» («Зелене будівництво»). Київ : КНУБА, 2025. С. 343. URL: https://www.researchgate.net/publication/391850615
4. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2019. 17 с.
5. MacNaughton P., Satish U., Laurent J.G.C. et al. The impact of working in a green certified building on cognitive function and health. Building and Environment. 2017. Vol. 114. P. 178-186. URL: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.041
6. Allen J.G., MacNaughton P., Satish U. et al. Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers. Environmental Health Perspectives. 2016. Vol. 124(6). P. 805-812. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4892924/
7. Singh A., Syal M., Grady S.C., Korkmaz S. Effects of green buildings on employee health and productivity. American Journal of Public Health. 2010. Vol. 100(9). P. 1665-1668. URL: https://doi.org/10.2105/AJPH.2009.180687
8. World Green Building Council. Health, Wellbeing & Productivity in Offices: The Next Chapter for Green Building. London: WGBC, 2014. 88 p. URL: https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/03/compressed_WorldGBC_Health_Wellbeing__Productivity_Full_Report_Dbl_Med_Res_Feb_2015-1.pdf

УДК 614.84:629.5:621.43

ПОЖЕЖНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА У СУДНОВИХ ЕНЕРГОУСТАНОВКАХ

***Наталія ГРЕЧКА**, магістрант Навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки НУЦЗУ,*
***Тетяна КОСТЕНКО**, д-р техн. наук, проф.*
Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси

Суднова енергоустановка є серцем будь-якого морського судна – складним технічним комплексом, що забезпечує рух, вироблення електроенергії, живлення суднових систем і механізмів. Водночас СЕУ є і найбільш пожежо- та техногенно небезпечним об'єктом на борту. Машинно-котельне відділення (МКВ) концентрує в собі величезну кількість горючих рідин під тиском, джерела відкритого вогню та іскроутворення, теплове обладнання та електроустановки – все це в обмеженому замкненому просторі, нерідко без природного освітлення та вентиляції [1, 2].

Статистика морських аварій невблаганна: за даними Європейського агентства морської безпеки (EMSA), пожежі та вибухи стабільно входять до п'ятірки найпоширеніших причин загибелі суден і людських жертв на морі. У 2015–2023 роках пожежі в МКВ склали близько 28% від загальної кількості серйозних суднових інцидентів, причому більшість із них мали причиною відмови в паливних або мастильних системах [3].

Ситуацію ускладнює специфіка морського середовища: обмеженість простору для евакуації, відстань від берегових рятувальних служб, вплив хитавиці та вібрації на надійність обладнання, агресивний вплив морської води на матеріали та ущільнення. Все це визначає особливий підхід до забезпечення безпеки суднових енергоустановок, що суттєво відрізняється від вимог до стаціонарних промислових об'єктів.

МКВ сучасного морського судна є надзвичайно складним середовищем з точки зору пожежної безпеки. Воно поєднує у собі десятки потенційних джерел займання і значну кількість горючих матеріалів, а саме:

- паливна система судна є найбільш пожежонебезпечним елементом МКВ. Вона включає паливні цистерни, трубопроводи перекачування та подачі палива, фільтри, підігрівачі, форсунки та насоси. Витікання мазуту (важкого палива) або дизельного палива з будь-якого елементу системи на гарячі поверхні двигунів і котлів є класичним механізмом виникнення пожежі в МКВ [1];
- система змащення суднових двигунів і механізмів є другим за значущістю джерелом пожежної небезпеки. Експлуатаційні масла

(моторні, гідравлічні, турбінні) мають температури спалаху в діапазоні 180–240°С, що суттєво вище, ніж у дизельного палива, проте достатньо для займання при контакті з гарячими поверхнями [2];

- суднове МКВ насичене електрообладнанням: головні розподільні щити, пускові пристрої для двигунів та механізмів, кабельні траси, трансформатори, акумуляторні батареї. Основними причинами електричних пожеж є: коротке замикання в кабельних трасах внаслідок механічних пошкоджень, перегрів комутаційної апаратури при тривалому перевантаженні, дугові розряди при пошкодженні ізоляції, іскроутворення при несправних контактних з'єднаннях [2];

- суднові парові котли та системи парового опалення є потужними джерелами теплової енергії і становлять суттєву пожежну загрозу. Температура поверхні котла може перевищувати 500°С, а тиск пари у вторинному контурі – 7–18 бар. Пошкодження теплоізоляції котла призводить до утворення надзвичайно небезпечних «гарячих плям», здатних зайняти будь-яку горючу рідину, що потрапляє в зону контакту [1].

Систематизація цих джерел є необхідною основою для побудови ефективної системи захисту.

Отже, машинно-котельне відділення сучасного морського судна є технічно складним і пожежонебезпечним об'єктом, в якому одночасно присутні численні горючі матеріали під тиском і при підвищених температурах, потужні джерела теплової енергії та електричного іскроутворення. Специфічні умови морського середовища – хитавиця, вібрація, корозія, температурні перепади – суттєво підвищують інтенсивність процесів деградації обладнання і ймовірність виникнення аварій порівняно з аналогічними стаціонарними промисловими об'єктами.

ЛІТЕРАТУРА

1. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, as amended. – London: International Maritime Organization, 2020. – 612 p.
2. International Code for Fire Safety Systems (FSS Code). – London: International Maritime Organization, 2015. – 368 p.
3. European Maritime Safety Agency. Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2023. – Lisbon: EMSA, 2023. – 198 p.

УДК 614.8

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДО УДАРНО-ІМПУЛЬСНИХ ВПЛИВІВ

***Роман ШЕВЧЕНКО**, д-р техн. наук, проф.,*
***Артем ГУЗЬ**, ад'юнкт докторантури-ад'юнктури*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасні умови функціонування об'єктів цивільної інфраструктури характеризуються підвищеним рівнем техногенних і воєнних загроз, пов'язаних із дією ударно-імпульсних навантажень на об'єкти цивільної інфраструктури. Уражальні фактори вибуху – ударні хвилі вибухового походження, уламкові ураження, вторинні детонаційні процеси та короткочасні високошвидкісні динамічні впливи призводять до локальних пошкоджень, втрати несучої здатності елементів, а в окремих випадках загальні пошкодження несучих і огороджувальних конструкцій, що можуть призводити до прогресуючого руйнування конструктивної системи [1, 2]. За таких умов особливої актуальності набуває удосконалення інженерно-технічних засад формування елементів систем попередження надзвичайних ситуацій, спрямованих на зменшення ризику втрати стійкості об'єктів цивільної інфраструктури. Особливої уваги потребують захисні споруди цивільного захисту та малі об'єкти укриття (модульні блок-контейнери, швидкоспоруджувані та напівзаглиблені укриття). Їх конструктивні особливості – обмежені габарити, зменшена маса, наявність стикових вузлів, відсутність значного інерційного ресурсу – зумовлюють підвищену чутливість до імпульсних впливів [3].

Імпульсне ураження захисних конструкцій характеризується малою тривалістю дії та значною амплітудою тиску, що формує специфічний механізм динамічного навантаження. На відміну від статичних впливів, при імпульсному навантаженні визначальним є не лише максимальний тиск, а й інтегральний показник імпульсу. У таких умовах реакція конструкції залежить від співвідношення тривалості імпульсу до власного періоду коливань елемента. Якщо тривалість імпульсу значно менша за період власних коливань, конструкція працює в режимі ударного навантаження з формуванням локальних пластичних деформацій. Якщо ж тривалість імпульсу співрозмірна з динамічними характеристиками елемента, можливе резонансне підсилення переміщень. Згідно ДБН В.2.2-5:2023 захисні споруди та споруди подвійного призначення (СПП) проектуються на дію розрахункового надмірного тиску, що може складати від 100 до 500 кПа. Приведене навантаження на елементи конструкцій визначається умовами дії повітряної ударної хвилі на захисну споруду чи СПП залежно від розміщення, заглиблення їх у ґрунт, а також гідрогеологічних та розрахункових умов [4]. За таких умов інженерно-

технічні засади удосконалення систем попередження НС в умовах імпульсного ураження повинні базуватися на таких ключових положеннях:
- комплексність оцінювання небезпеки;
- адаптивність захисних елементів;
- інтеграція конструктивних і інформаційних рішень;
- мінімізація прогресуючого руйнування;
- забезпечення ремонтопридатності та швидкого відновлення функціонування.

Одним із базових напрямів є підвищення енергопоглинаючої здатності захисних конструкцій. Це досягається шляхом використання багатошарових систем із дисипативними прошарками, сталефібробетону, композитних матеріалів із високою питомою міцністю, а також елементів із керованою пластичною деформацією. Дослідження 2024–2025 рр. свідчать, що використання багатошарових систем дозволяє знизити пікові напруження у внутрішніх шарах на 20–35 % та зменшити рівень прискорень, що передаються внутрішньому простору укриття [5]. Другим важливим аспектом є оптимізація просторової жорсткості будівельної системи. Для цього застосовуються діафрагми жорсткості, замкнуті контури армування, просторові металеві каркаси, що забезпечують перерозподіл зусиль у разі локального руйнування. Розрахунок таких систем здійснюється із застосуванням нелінійного динамічного аналізу методом кінцевих елементів із урахуванням швидкісного зміцнення матеріалів. Суттєвим інженерним напрямом є впровадження систем структурного моніторингу. Датчики деформацій, прискорення та надлишкового тиску дозволяють у режимі реального часу фіксувати параметри імпульсного впливу та оцінювати залишкову несучу здатність конструкції. Отримані дані можуть використовуватися для автоматизованого прийняття управлінських рішень щодо евакуації персоналу, локалізації аварійної зони або відключення небезпечних технологічних процесів.

Математичні моделі прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій і можливих збитків є основою їх попередження та мінімізації наслідків, оскільки дозволяють кількісно оцінювати вплив ударно-імпульсних навантажень на об’єкти цивільної інфраструктури. Особливо перспективним є застосування цифрових двійників, які, відтворюючи реальні фізико-механічні характеристики конструкцій та інтегруючи дані моніторингу, забезпечують обґрунтування ефективних технічних рішень на етапах проєктування й модернізації [6]. Важливим принципом удосконалення є запобігання прогресуючому руйнуванню. Для цього конструктивна схема повинна мати альтернативні шляхи передачі навантажень. Введення додаткових зв’язків, посилених вузлів, локального армування колон і ригелів значно зменшує ймовірність лавиноподібного обвалу. З позицій системного підходу елементи попередження НС мають розглядатися як сукупність технічних, інформаційних і організаційних компонентів. Технічний рівень включає конструктивні рішення та матеріали. Інформаційний рівень – моніторинг, обробку сигналів,

алгоритми реагування. Організаційний рівень – регламенти дій персоналу та взаємодію служб цивільного захисту.

Таким чином, інженерно-технічні засади удосконалення елементів систем попередження НС при імпульсному ураженні захисних конструкцій повинні базуватися на поєднанні:
– сучасних матеріалів із підвищеною енергопоглинаючою здатністю;
– нелінійного динамічного моделювання;
– інтегрованих систем моніторингу;
– конструктивних рішень із підвищеною резервною стійкістю;
– цифрових технологій прогнозування ризиків.

Комплексна реалізація зазначених підходів забезпечує підвищення рівня стійкості об’єктів цивільної інфраструктури, зменшення масштабу можливих руйнувань і мінімізацію соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нужний В. Перші дослідження ушкоджень будівель і споруд внаслідок бойових дій. Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2022. С. 104-114.
2. Гетун Г., Колякова В., Безклубенко І., Соломін А. Конструктивні рішення вибухостійких будівель з приміщеннями цивільного захисту населення. Будівельні конструкції. Теорія і практика. 2023. С. 41-50.
3. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту.
4. Скорук Л.М., Журавський О.Д. Визначення величини навантаження на захисні споруди цивільного захисту від впливу ударної хвилі згідно ДБН В.2.2-5:2023. Просторовий розвиток. 2024. С. 286-296.
5. Tolok I., Pozdieiev S., Novhorodchenko A., Rybka E., Kustov M. Modeling the behavior of modular reinforced concrete shelters under explosion conditions. Earth and Environmental Science. 2025.
6. Іванець, Г.В. Формалізована математична модель прогнозування надзвичайних ситуацій та можливих завданих збитків внаслідок них [Текст] / Г.В. Іванець, М.Г. Іванець, В.В. Матухно, І.О. Толкунов, Є.І. Стецюк, І.І. Попов // Системи управління, навігації та зв’язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2020. – Т. 4 (62). – С. 92-97.

УДК 614.8

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ РЯТУВАЛЬНИКІВ ДСНС ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ПІДТОПЛЕНЬ

***Олеся КОВАЛЬ**, курсант,*
***Дмитро ЖУРБИНСЬКИЙ**, к.т.н, доц.,*
***Олена ДАНИК**, старший викладач*
Національний університет цивільного захисту України

Згідно з методичними рекомендаціями щодо організації радіаційного, хімічного та біологічного захисту в територіальних органах та підрозділах ДСНС, затверджених наказом ДСНС України від 10.11.2025

№ 1432 [1] радіаційний, хімічний та біологічний захист (далі –РХБ захист) – комплекс заходів, спрямованих на недопущення або мінімізацію впливу на особовий склад наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з викидом (виливом) радіоактивних, небезпечних хімічних речовин та біологічних патогенних агентів у довкілля, а також у разі застосування зброї масового знищення на території України.

Підрив Каховської ГЕС, що стався в 2023 році, призвів до масштабних підтоплень, зруйнувань житлових районів, а також до серйозних порушень у системах водопостачання та санітарії. Вода, що розлилася, стала потенційним джерелом для розповсюдження інфекцій з фекально-оральним механізмом передачі, таких як гепатит А, сальмонельоз, дизентерія, холера, а також лептоспіроз. Водночас, затоплення сільськогосподарських угідь призвело до втрати продовольства та погіршення умов харчування серед населення, що збільшує вразливість до інфекційних захворювань [2-3].

Євроінтеграція України характеризується узгодженням національного законодавства з нормами Європейського Союзу у сфері цивільного захисту. Зокрема, ухвалення 24 лютого 2026 року Верховною Радою України у другому читанні та в цілому євроінтеграційного Закону № 13418 щодо управління ризиками затоплення та участі України у Механізм цивільного захисту Європейського Союзу обумовлює необхідність оновлення підходів до забезпечення безпеки рятувальників [4-5].

Сучасний етап розвитку системи цивільного захисту України характеризується посиленням уваги до комплексного управління ризиками надзвичайних ситуацій, у тому числі масштабних підтоплень. Затверджений Кабінетом Міністрів України Порядок розроблення плану управління ризиками затоплення визначає методологію оцінювання загроз, картографування ризиків та заходи щодо їх мінімізації, що дозволяє підвищити ефективність реагування на надзвичайні події [6].

Руйнування водних об'єктів належить до небезпечних надзвичайних ситуацій, що супроводжуються підвищеною ймовірністю інфікування особового складу внаслідок контакту зі стічними водами, мулом і органічними залишками. За таких умов пріоритетного значення набуває належна організація біологічного захисту, адже тривале перебування у забрудненому середовищі створює суттєву загрозу розвитку інфекційних та професійно зумовлених захворювань серед рятувальників. Як приклад міжнародного підходу до забезпечення біологічної безпеки можна навести рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO) та Центрів з контролю та профілактики захворювань США (CDC), які передбачають здійснення комплексного контролю ризиків під час роботи в умовах можливого мікробіологічного забруднення. Такий підхід включає застосування відповідних засобів індивідуального захисту, проведення дезінфекційних заходів, санітарний нагляд і впровадження організаційних рішень, спрямованих на мінімізацію ризиків для персоналу. Таким чином,

ефективне впровадження законодавчих і нормативних положень є ключовою передумовою підвищення безпеки особового складу ДСНС під час ліквідації наслідків підтоплень.

Таблиця 1 – Деякі заходи біологічного захисту рятувальників під час робіт на водних об’єктах (на основі міжнародних рекомендацій та стандартів)

Напрям заходів	**Основні вимоги та рекомендації**	**Нормативна база**
1	**2**	**3**
Індивідуальний біологічний захист (захисний одяг)	Використання костюмів із герметичними швами та водонепроникними застібками; захист від бризок, аерозолів і біологічних рідин; щільне поєднання з рукавицями, чоботами, масками; застосування антибактеріальних підкостюмних шарів; додатковий бар’єр при роботі зі стічними водами та в умовах підвищеної вологості	ДСТУ EN 14126:2008; ISO 16603/16604; рекомендації WHO
Захист органів дихання	Використання респіраторів класу FFP2/FFP3; N95, напівлицеві, повнолицеві, PAPR; щільне прилягання та сумісність із ЗІЗ; фільтрація біоаерозолів і дрібнодисперсних частинок; медичний огляд перед використанням	Рекомендації WHO та CDC; стандарти, схвалені Національним інститутом охорони праці США (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)
Додаткові засоби захисту	Герметичні окуляри або лицеві щитки; дво- або тришарові гумові рукавиці; водонепроникні чоботи з фіксацією манжет; захисні накладки на спорядження	Міжнародні норми роботи в умовах біологічної небезпеки
Дезінфекційні заходи	Первинне промивання водою; знезараження ЗІЗ сумісними дезінфектантами; поетапне зняття спорядження; гігієнічна обробка в спеціальній зоні; роздільна утилізація одноразових та багаторазових елементів	Рекомендації WHO
Організаційні заходи	Системне навчання персоналу; формування запасів ЗІЗ; планування евакуації та медичної підтримки; медогляди до та після робіт; інформування щодо симптомів інфекцій	Рекомендації Міжнародна Федерація товариств Червоного Хреста (IFRC).

Інтеграція України до Механізму цивільного захисту ЄС відкриває доступ до спільних ресурсів та передових технологій, але водночас висуває підвищені вимоги до готовності ДСНС. У зв'язку з цим першочергового значення набуває вдосконалення системи біологічного захисту рятувальників.

Таким чином, впровадження вимог Механізму цивільного захисту ЄС виступає важливим чинником удосконалення системи біологічного захисту особового складу ДСНС України. Актуальним напрямом подальших досліджень є розроблення науково обґрунтованих тактико-технічних вимог до засобів індивідуального захисту нового покоління з урахуванням специфіки ліквідації наслідків підтоплень. Перспективним також є створення адаптованих методик оцінювання ризиків для здоров'я рятувальників в умовах впливу комбінованих хіміко-біологічних чинників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації щодо організації радіаційного, хімічного та біологічного захисту в територіальних органах та підрозділах ДСНС. Наказ ДСНС України від 10.11.2025 № 1432. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.dsns.gov.ua.
2. О.С. Монакова, В.С. Захарченко, Д.О. Харківська. Ризик розповсюдження інфекційних захворювань внаслідок війни в Україні в період з 2014 року. Каразінський імунологічний журнал. 2024. Т. 7:1(13). URL: https://doi.org/10.26565/3083-5615-2024-13-10.
3. Державне агентство водних ресурсів України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://davr.gov.ua/news/bezpechnist-vodi-v-umovah-vijni-ye-pitannyam-nacionalnoi-bezpeki.
4. В. О. Костенко, Д. А. Журбинський. Організаційно-управлінські аспекти інтеграції України до механізму цивільного захисту ЄС. Дніпровський науковий часопис публічного управління, психології, права. Випуск 3, 2023. С. 63-67.
5. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.dsns.gov.ua.
6. Про затвердження Порядку розроблення плану управління ризиками затоплення. Постанова кабінету міністрів України від 4 квітня 2018 р. № 247. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua.

УДК 614.8:351.862:004.94

ЕКСПЕРТНО-АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОНДУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

***Олег МИРОШНИК**, д-р техн. наук, проф.,*
***Сергій ХАРЧЕНКО**, старший викладач,*
***Роман ГАЛЕНДА**, аспірант*
Національний університет цивільного захисту України

В умовах воєнної агресії проти України питання забезпечення населення надійними засобами колективного захисту набуло стратегічного значення. Масовані ракетні удари по об'єктах енергетики, промисловості

та житлового фонду актуалізували проблему приведення у готовність та розширення фонду захисних споруд цивільного захисту. Водночас практика реалізації державної політики у сфері створення, обліку та утримання захисних споруд виявила низку системних нормативно-правових, організаційних та інженерних колізій.

Відповідно до [1], обов'язок щодо створення, утримання та забезпечення готовності захисних споруд покладається на органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання. Проте на практиці спостерігається суттєвий розрив між нормативними вимогами та їх фактичним виконанням. Значна частина балансоутримувачів уникає прийняття споруд на облік через високі витрати на приведення їх у відповідність до вимог [2], необхідність проведення періодичних технічних обстежень та ризики застосування санкцій.

Проблеми виникають також у процесі реалізації заходів [3] щодо порядку створення та ведення обліку фонду захисних споруд. Наявні випадки відмови підписання матеріалів перевірок створюють правову невизначеність та ускладнюють реалізацію контрольних повноважень. Додаткові труднощі виникають під час нового будівництва та реконструкції відповідно до вимог [4, 5], особливо в умовах щільної міської забудови.

З метою підвищення обґрунтованості управлінських рішень пропонується впровадження експертно-аналітичної багатокритеріальної моделі оцінювання доцільності створення або модернізації захисних споруд цивільного захисту. Модель базується на методі аналізу ієрархій та передбачає формування системи критеріїв, що охоплює технічний стан споруди, рівень воєнної загрози території, містобудівні обмеження, економічну доцільність, соціальну значущість об'єкта та фінансову спроможність балансоутримувача.

Кожен критерій нормалізується у шкалі від 0 до 1, а вагові коефіцієнти визначаються шляхом експертних парних порівнянь із перевіркою узгодженості суджень [6, 7]. Інтегральний індекс доцільності визначається як:

$$I = \sum_{i-1}^{6} \omega_i \cdot R_i$$

де ω_i – ваговий коефіцієнт критерію, R_i – нормалізоване значення показника

Запропонована модель дозволяє встановити порогові рівні управлінських рішень щодо першочергової модернізації, застосування альтернативних рішень (споруди подвійного призначення, найпростіші та первинні (мобільні) укриття) або відтермінування заходів. Її інтеграція до цифрового реєстру фонду захисних споруд сприятиме формуванню

об’єктивного рейтингу забезпеченості територіальних громад укриттями та підвищенню прозорості прийняття управлінських рішень.

Таким чином, поєднання нормативно-правового удосконалення з формалізованими експертно-аналітичними інструментами дозволяє підвищити ефективність управління фондом захисних споруд цивільного захисту та зміцнити стійкість територіальних громад в умовах воєнних загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013. № 34–35. Ст. 458.
2. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Київ: Мінрегіон України, 2023.
3. Про затвердження Порядку створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку: Постанова Кабінету Міністрів України від 10.03.2017 № 138.
4. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво.
5. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 34. Ст. 343.
6. Мирошник О.М. Технологія експертного визначення рівня пожежної безпеки житла в багатоповерхових житлових будинках // Штучний інтелект. – 2012. – № 1. – С. 284-291.
7. Землянський О.М., Мирошник О.М. Експертні моделі прогнозування зони забруднення небезпечними продуктами горіння під час надзвичайних ситуацій // Вісник Черкаського університету. Серія «Прикладна математика. Інформатика». – 2015. – №38 (371). – С. 23–30.

УДК 351.352

ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ

***Тетяна КРИШТАЛЬ**, д-р екон. наук, проф.,*
***Еліна ГУБАР**, курсант Навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

Організація заходів цивільного захисту є невід’ємною складовою безпекового середовища територіальних громад. В умовах дії правового режиму воєнного стану питання організації цивільного захисту в територіальних громадах набуло особливої актуальності.

У статті 19 Кодексу цивільного захисту України визначено повноваження органів місцевого самоврядування у сфері цивільного захисту [1]. Власні та делеговані повноваження щодо організації та забезпечення цивільного захисту територіальних громад регламентовано ст. 36^1 Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» [2]. На

основі аналізу повноважень територіальних громад до їх основних завдань у сфері цивільного захисту слід віднести: оповіщення та інформування населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій (НС); організацію евакуації населення; укриття населення в захисних спорудах цивільного захисту; радіаційний, хімічний, біологічний, медичний і психологічний захист населення; організацію реагування на НС та ліквідацію їх наслідків; забезпечення життєдіяльності постраждалих від НС; керівництво силами цивільного захисту; навчання населення діям у НС.

Організаційна структура ЦЗ територіальної громади включає такі елементи [3]:

- суб'єкт забезпечення ЦЗ в особі голови ТГ;
- постійно діючі органи управління ЦЗ: виконавчий орган ради ТГ та підрозділ з питань ЦЗ або посадова особа з питань ЦЗ;
- місцева Комісія з питань ТЕБ і НС ТГ;
- Комісія з питань евакуації;
- сили ЦЗ, на які покладено організацію гасіння пожеж, ліквідацію НС на території ТГ, а саме: пожежно-рятувальний підрозділ, комунальна аварійно-рятувальна служба, спеціалізовані служби ЦЗ, центр безпеки ТГ, добровільні формування ЦЗ, формування ЦЗ суб'єктів господарювання, що належать до сфери їх управління.

З метою адаптації механізмів цивільного захисту до умов сучасних загроз та підвищення відповідальності територіальних громад щодо забезпечення безпеки їх населення до Кодексу цивільного захисту України у 2022-2024 роках було внесено низку конструктивних змін. Зокрема, законодавчо закріплено створення сублanок ланок територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту як організаційної сукупності органів управління та підпорядкованих їм сил цивільного захисту, відповідних суб'єктів господарювання, які виконують завдання цивільного захисту на території територіальної громади. Розширено повноваження громад щодо врахування вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій.

Рівень захищеності населення територіальної громади в умовах збройної агресії безпосередньо залежить від стану готовності об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту. Відповідно до статті 19 Кодексу цивільного захисту України до повноважень територіальних громад віднесено організацію виконання вимог законодавства щодо створення, використання, утримання та реконструкції таких споруд [1]. З метою реалізації зазначених повноважень має проводитися системна робота щодо нарощування фонду захисних споруд цивільного захисту на території громади, приведення їх у належний технічний стан, забезпечення належного обліку та контролю готовності до використання за призначенням. Важливим також є забезпечення безперешкодного доступу населення до укриттів, у тому числі створення необхідних умов для перебування маломобільних груп населення.

В умовах збройної агресії рф проти України особливо нагальним є питання щодо збільшення обсягу фінансування на заходи цивільного захисту територіальних громад. До повноважень органів місцевого самоврядування також належить створення і використання місцевих матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків НС. Слід передбачати щорічно заходи зі створення та поповнення таких резервів у місцевих цільових програмах розвитку цивільного захисту територіальної громади.

В умовах сьогодення важливим є питання утримання місцевої автоматизованої системи централізованого оповіщення та інтегрування її до територіальної автоматизованої системи оповіщення з метою оперативного інформування жителів громади про загрозу або виникнення НС.

З метою підвищення рівня безпеки населення в територіальних громадах доцільно розбудовувати мережу центрів безпеки. 10 лютого 2026 Верховною Радою України прийнято Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків, формування фонду захисних споруд цивільного захисту, створення класів та центрів безпеки». Так, законом передбачено створення центрів безпеки – спеціальних об’єктів, де розміщуються кілька екстрених служб: пожежне депо з диспетчерським пунктом, пункт швидкої медичної допомоги, поліцейська станція та інші приміщення для забезпечення безпеки населення в межах громади [4].

Таким чином, пріоритетними завданнями територіальних громад у сфері ЦЗ є запобігання виникненню НС, організація оперативного реагування у разі їх виникнення з метою зменшення збитків і втрат від НС та їх наслідків, підвищення рівня готовності до загроз в умовах воєнного стану. Розвиток і підтримання фонду захисних споруд, забезпечення оперативного оповіщення та інформування населення, навчання населення діям у НС, створення центрів безпеки є ключовими напрямами забезпечення безпеки населення громади.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 р. № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text
2. Про місцеве самоврядування в Україні: закон України від 21 травня 1997 року № 280/97-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text
3. Кришталь Т. М. Горбаченко Ю. М. Костенко В. О. Система управління цивільним захистом як складова безпекового середовища територіальної громади. Вісник Національного університету цивільного захисту України: зб. наук. пр. – Х.: Вид-во НУЦЗУ, 2024. – Вип. 2 (21). (Серія "Державне управління"). С. 386-395.
4. Збільшення рівня безпеки населення. URL: https://www.rada.gov.ua/news/Novyny/270433.html

УДК 614.8:624.131.543:551.435.62

ОЦІНКА РИЗИКУ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ РОЗРАХУНКОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ УКОСІВ

***Владислав ЯРОШЕНКО**, магістр, аспірант кафедри*
охорони праці та цивільної безпеки
Криворізький національний університет

У процесі відкритої розробки родовищ корисних копалин стійкість укосів кар'єрних виїмок є одним із визначальних чинників безпечного та безперервного ведення гірничих робіт [1]. Геомеханічний стан схилів формується під впливом комплексу природних і техногенних факторів, серед яких провідну роль відіграють літолого-стратиграфічна неоднорідність породного масиву, змінність фізико-механічних характеристик ґрунтів, а також складний гідрогеологічний режим із наявністю декількох водоносних горизонтів [1], [2], [3]. Сукупна дія зазначених чинників зумовлює перерозподіл напружень у масиві, розвиток зон ослаблення та потенційних поверхонь ковзання.

Встановлено, що ключовим механізмом зниження стійкості укосів є гідронасичення порід [4]. Підвищення рівня підземних вод або інфільтраційне живлення призводить до зростання порового тиску, що відповідно до залежності:

$$\sigma' = \sigma - u,$$

де σ – повне напруження, u – поровий тиск, що спричиняють зменшення ефективного напруження σ'. Зниження ефективного напруження безпосередньо впливає на параметри міцності за критерієм Кулона–Мора, зменшуючи опір зсуву та підвищуючи ймовірність втрати рівноваги. За умов інтенсивного водонасичення можливе формування локальних зон розущільнення, що істотно погіршує напружено-деформований стан укосу [4].

Метою роботи є кількісна оцінка коефіцієнта стійкості укосів із урахуванням геометричних параметрів уступів, фізико-механічних властивостей порід та впливу гідрогеологічних факторів на основі чисельного моделювання.

Для розрахункового аналізу застосовано метод граничної рівноваги Бішопа з поелементним розбиттям потенційної поверхні ковзання на окремі сегменти. У межах моделі враховано варіацію кута внутрішнього тертя $\varphi \approx 28–35°$ для піщаних порід та 15–25° для глинистих, питомого зчеплення 5–15 кПа для пісків і 30–60 кПа для глин, середньої об'ємної ваги порід $\gamma \approx 18$ кН/м³, а також геометричних параметрів уступів із висотою 12–40 м та кутами нахилу 30–60°. Такий підхід дозволяє адекватно відобразити реальні інженерно-геологічні умови та оцінити граничний стан масиву.

Коефіцієнт стійкості визначався як відношення сумарних утримуючих сил до зрушувальних. Результати чисельного моделювання показали, що за підвищеного водонасичення значення коефіцієнта стійкості може знижуватися до 0,4–0,8, що є нижчим за нормативні показники $F_S \geq 1{,}2$ для тимчасових та $F_S \geq 1{,}3$ для постійних укосів. Отримані значення свідчать про високий ризик розвитку зсувних деформацій за несприятливого гідрогеологічного режиму [1], [5].

Графічна інтерпретація результатів моделювання дала змогу виконати умовне зонування укосу за рівнем небезпеки: зони критичної нестійкості – $F_S < 0{,}6$; зони граничної стабільності – $0{,}6 \leq F_S < 0{,}8$; та відносно стабільні ділянки – $F_S \geq 0{,}8$. Таке ранжування дозволяє визначати пріоритетність інженерних заходів та оптимізувати систему моніторингу.

З метою підвищення достовірності розрахунків проведено чутливісний аналіз зміни фізико-механічних параметрів і порівняння отриманих результатів з альтернативними розрахунковими підходами. Узгодженість значень коефіцієнта стійкості підтверджує коректність прийнятої моделі та її стійкість до варіації вхідних характеристик.

Таким чином, застосування методів математичного моделювання забезпечує можливість своєчасного виявлення потенційно небезпечних ділянок укосів, прогнозування розвитку деформаційних процесів та наукового обґрунтування комплексу стабілізаційних заходів, зокрема впровадження дренажних систем, оптимізації геометричних параметрів уступів і організації безперервного геотехнічного моніторингу.

ЛІТЕРАТУРА

1. НПАОП 0.00-1.24-10. Правила безпеки під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом // затв. наказом Держгірпромнагляду України від 18.03.2010 № 62; зареєстр. у Мін'юсті України 26.03.2010 № 356/17551. Електронний ресурс. – https://zakon.rada.gov.ua/go/z0356-10. (Дата звернення: 09.09.2025).
2. Yaroshenko V. O. Assessment of the impact of soil water saturation at the Malyshevske deposit on the stability of quarry structures // Mining Journal of Kryvyi Rih National University, 59(1), 2025, С. 22-32. https://doi.org/2306-5435-2025-1-22-32.
3. Vasylenko S. Geological structure, formation conditions, and ore-bearing capacity of the Motronivske-Annivske titanium-zirconium placer deposit // Doctoral dissertation, Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 2015.
4. Cho, Sung Eun. Stability Analysis of Unsaturated Soil Slopes Considering Water-Air Flow Caused by Rainfall Infiltration // Engineering Geology, 211. 2016. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2016.07.008
5. Pasculli, Antonio & Sciarra, Nicola & Farshadfar, Amir. Modelowanie cyfrowe w celu przewidywania zagrożenia osuwania się gruntu na wybranym obszarze; Przypadek testowy Ponzano (Włochy) // Inżynieria Mineralna, 2024. https://doi.org/10.29227/IM-2024-01-28.

УДК 697.94:536.2:519.6:614.8

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

***Ганна ЯРОШЕНКО**, магістр, аспірант кафедри*
охорони праці та цивільної безпеки
Криворізький національний університет

Створення безпечного та енергоефективного мікроклімату в робочих приміщеннях є важливою складовою забезпечення промислової безпеки та стабільності технологічних процесів. Підтримання нормативних значень температури, швидкості руху повітря та вологості потребує оперативного прогнозування теплових режимів у реальному масштабі часу [1], [6], [7]. Одним із ефективних інструментів вирішення цього завдання є математичне моделювання процесів теплообміну.

У роботі розглянуто математичну модель сумісного відсмоктувально-припливного повітропроводу, який функціонує як противоточний теплообмінник типу «труба в трубі» [2], [3]. Конструкція передбачає коаксіальне розташування витяжного та припливного каналів, що дозволяє здійснювати рекуперацію тепла та зменшувати енергетичні витрати на підігрів припливного повітря [4].

Процес теплообміну спочатку описано системою диференціальних рівнянь у частинних похідних як процес із розподіленими параметрами [1]. За умови лінеаризації температурних полів модель зведено до системи звичайних лінійних диференціальних рівнянь першого порядку із зосередженими параметрами [7]. Це дозволило отримати аналітичні залежності кінцевих температур теплоносіїв від часу.

Отримані розрахункові формули дають можливість:

- визначати динаміку зміни температури метану та припливного повітря;
- встановлювати час виходу теплообмінника на стаціонарний режим;
- аналізувати вплив коефіцієнтів тепловіддачі, маси стінки та швидкості потоків на перехідний процес.

Розрахунки показали, що при турбулентному режимі руху теплоносіїв процес встановлення температури відбувається протягом приблизно 30 хвилин, після чого система переходить у стаціонарний режим [5]. Це підтверджує коректність прийнятих припущень та застосованої методики.

Другий етап дослідження присвячено моделюванню теплообміну безпосередньо в робочому приміщенні. Для опису температурного режиму

використано модель ідеального перемішування, відповідно до якої повітря миттєво розподіляється по всьому об’єму приміщення [6]. Отримано аналітичний розв’язок диференціального рівняння теплового балансу з урахуванням внутрішніх джерел тепловиділення.

Встановлено, що кратність повітрообміну суттєво впливає на швидкість досягнення нормативної температури. При збільшенні кратності з 5 до 15 разів на годину час стабілізації температури скорочується, а система швидше виходить на розрахунковий режим.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості:

- обґрунтованого вибору діаметрів повітропроводів;
- визначення оптимальної кратності повітрообміну;
- прогнозування перехідних процесів при зміні вхідних параметрів;
- використання моделі для подальшої ідентифікації параметрів та оптимізації режимів роботи вентиляційної системи.

Запропонований підхід дозволяє підвищити енергоефективність вентиляційних систем, забезпечити стабільність температурного режиму та покращити умови праці в промислових приміщеннях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кафаров В.В. Методи кібернетики в хімії та хімічній технології // В.В. Кафаров. – М.: "Хімія", 1971. С. 496.
2. Спосіб повітрообміну в промислових приміщеннях: пат. 156625 Україна: МПК E21F 1/00. № u 202400825; заявл. 19.02.2024; опубл. 17.07.2024, Бюл. №29. 2 с.
3. Лапшин О. Є., Ярошено Г. М. Інноваційний підхід до вентиляції промислових приміщень шляхом інтенсифікації повітрообміну сумісним повітроводом в робочих зонах // Розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнародної науково-технічної. Кривий Ріг. КНУ, 2024. С. 34.
4. Система для вентиляції промислових приміщень: пат. 157215 Україна: МПК E21F 1/00. № u 202400849; заявл. 19.02.2024; опубл. 18.09.2024, Бюл. №38. 3 с.
5. Lapshyn O.Ye., Yaroshenko H.M. Optimisation of air exchange and heat transfer using coaxial air ducts // Journal of Kryvyi Rih National University, Vol.23, No.1, 2025. P.10–20. doi: 10.31721/2306-5451-2025-1-23-10-20.
6. Лапшин О. Є., Ярошенко Г. М. Інженерні підходи до керування мікрокліматом у виробничих приміщеннях: моделі, розрахунки, результати // Розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнародної науково-технічної. Кривий Ріг. КНУ, 2025. С. 82.
7. Просвітів Г.І. Диференціальні рівняння: завдання та рішення // Г.І. Просвітів.- М.: 2011. С. 88.

УДК 614.8

РОЛЬ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ У ЗАПОБІГАННІ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*Науковий керівник: **Іван НЕСЕН**, PhD, доц. кафедри інженерної та аварійної-рятувальної техніки ННІ оперативно-рятувальних сил Національний університет цивільного захисту України*
***Вікторія БИРКО**, курсант 2-го курсу, навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасний розвиток суспільства супроводжується зростанням кількості та масштабів надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціального та воєнного характеру, що створює реальні загрози для життя і здоров'я населення, функціонування об'єктів економіки, стабільності держави та довкілля. У цих умовах особливої актуальності набуває ефективне функціонування системи цивільного захисту, яка є ключовим елементом національної безпеки та складовою державної політики у сфері захисту населення і територій [1].

Служба цивільного захисту виступає основним суб'єктом реалізації державних заходів щодо попередження виникнення надзвичайних ситуацій, мінімізації їх наслідків, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, а також відновлення порушених умов життєдіяльності населення. Її діяльність має комплексний характер і охоплює організаційні, управлінські, інженерно-технічні, інформаційні, соціальні та правові аспекти [6].

Запобігання надзвичайним ситуаціям є одним із пріоритетних напрямів діяльності служби цивільного захисту. Воно включає систему заходів, спрямованих на виявлення потенційних небезпек, оцінку ризиків, прогнозування розвитку небезпечних процесів та реалізацію превентивних заходів. Важливу роль у цьому процесі відіграє державний нагляд і контроль у сфері техногенної та пожежної безпеки, який забезпечує дотримання вимог нормативно-правових актів, стандартів і правил на підприємствах, в установах і організаціях незалежно від форми власності [2].

Ефективне запобігання надзвичайним ситуаціям також передбачає створення та підтримання в готовності систем моніторингу і прогнозування небезпечних явищ, функціонування автоматизованих систем раннього виявлення загроз, впровадження сучасних технологій управління ризиками, а також формування культури безпеки серед населення і персоналу об'єктів підвищеної небезпеки. У цьому контексті

важливим напрямом діяльності служби цивільного захисту є проведення навчань, тренувань, інструктажів, інформаційно-роз'яснювальної роботи та пропаганди знань з безпеки життєдіяльності [4].

Особливе значення має підготовка сил і засобів цивільного захисту до реагування на надзвичайні ситуації. Це включає професійну підготовку особового складу, оснащення сучасною аварійно-рятувальною, пожежною, інженерною технікою, засобами індивідуального та колективного захисту, створення резервів матеріально-технічних ресурсів. Підготовка підрозділів цивільного захисту здійснюється на основі принципів постійної готовності, оперативності, мобільності та взаємодії з іншими службами і відомствами [3].

У разі виникнення надзвичайної ситуації служба цивільного захисту виконує комплекс завдань з реагування та ліквідації її наслідків. До основних завдань належать організація управління силами та засобами, проведення розвідки в осередках ураження, рятування людей, надання першої медичної допомоги постраждалим, евакуація населення, локалізація та ліквідація пожеж, аварій, вибухів, руйнувань, хімічного, радіаційного чи біологічного зараження, а також відновлення життєзабезпечення постраждалих територій [1].

Аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи є ключовим елементом ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Вони включають пошук і деблокування постраждалих, розбирання завалів, укріплення пошкоджених конструкцій, відновлення роботи систем енергопостачання, водопостачання, газопостачання, зв'язку та транспорту. Висока ефективність цих робіт досягається завдяки чіткій організації управління, використанню спеціалізованої техніки, застосуванню сучасних методів і технологій рятувальних робіт, а також злагодженій взаємодії між різними службами [4].

Важливою складовою діяльності служби цивільного захисту є організація евакуації населення та матеріальних цінностей. Евакуаційні заходи здійснюються з метою зменшення кількості людських жертв і матеріальних збитків шляхом своєчасного виведення людей із зон ураження. Для цього створюються евакуаційні комісії, розробляються плани евакуації, визначаються маршрути руху та місця розміщення евакуйованого населення, організовується транспортне забезпечення та медичне обслуговування [5].

Після завершення активної фази ліквідації надзвичайної ситуації служба цивільного захисту бере участь у заходах з відновлення постраждалих територій. Це включає оцінку збитків, відновлення житлового фонду, об'єктів соціальної та виробничої інфраструктури, надання допомоги постраждалому населенню. Відновлювальні роботи

спрямовані на якнайшвидше повернення територій до нормальних умов життєдіяльності та забезпечення соціальної стабільності [4].

Роль служби цивільного захисту також полягає у координації діяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій у сфері захисту населення і територій. Ефективна взаємодія між суб'єктами цивільного захисту є необхідною умовою своєчасного реагування на надзвичайні ситуації та мінімізації їх наслідків. У цьому контексті важливим є створення єдиної державної системи цивільного захисту, яка забезпечує інтеграцію всіх сил і засобів у єдину систему управління [6].

Сучасні виклики, пов'язані з техногенними катастрофами, природними катаклізмами, терористичними загрозами та воєнними діями, вимагають постійного вдосконалення системи цивільного захисту. Це передбачає модернізацію нормативно-правової бази, впровадження новітніх технологій управління кризовими ситуаціями, розвиток міжнародного співробітництва у сфері реагування на надзвичайні ситуації, а також підвищення рівня професійної підготовки особового складу [2].

Особливу увагу слід приділяти формуванню у населення відповідального ставлення до питань безпеки, розвитку системи навчання та інформування громадян про дії у разі надзвичайних ситуацій. Підвищення рівня культури безпеки сприяє зменшенню кількості жертв та матеріальних збитків, а також підвищує ефективність заходів цивільного захисту [4].

Служба цивільного захисту відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки населення і територій від надзвичайних ситуацій. Її діяльність охоплює весь комплекс заходів – від запобігання та прогнозування небезпечних явищ до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і відновлення постраждалих територій. Ефективне функціонування служби цивільного захисту є важливою умовою сталого розвитку держави, збереження життя і здоров'я громадян та захисту національних інтересів [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17
2. Руденко О. І., Сидоренко В. М. Техногенна та пожежна безпека: навчальний посібник. – Львів: ЛДУ БЖД, 2021.
3. Організація аварійно-рятувальних робіт: навчальний посібник / за ред. П. П. Пономаренка. – Харків: НУЦЗУ, 2019.
4. Офіційний сайт Державної служби України з надзвичайних ситуацій
5. Про Державну службу України з надзвичайних ситуацій: Постанова Кабінету Міністрів України № 1052 від 16.12.2015.

УДК 355.58:623.67

НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ ТА ЗАГРОЗИ, СПРИЧИНЕНІ МІНАМИ

***Тарас ГУЦУЛ**, канд. техн. наук, доц., старший науковий співробітник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича*

Протягом історії приховані ями із шипами на дні використовувалися на полюванні та на війні. Зазвичай у війні такі пастки мали на меті мінімізувати вплив чисельно переважаючого ворога та компенсувати нестачу чисельності захисників. Мінні поля здійснюють істотний вплив на формування поля бою: вони порушують бойові порядки наступаючих підрозділів, ускладнюють маневр, знижують темп просування та створюють додаткові умови для ураження противника. Системне й масоване застосування мін сприяє підвищенню стійкості оборони, а під час наступальних дій – забезпечує надійне прикриття флангів і знижує ймовірність успішного проведення контрударів супротивника. Сучасні збройні конфлікти характеризуються масовим застосуванням мін та вибухонебезпечних предметів, що створює довготривалі ризики для населення. Для України і ще 57 країн світу проблема замінування територій залишається особливо актуальною.

Історія мін розпочинається з бронзового віку (3300/3000 рр. до н.е. – 1200/800 рр. до н.е.), із навичок людини одержувати метали. Поява пороху (близько 850 р.) додала силу вибуху, а отже й масштаб ураження. Винайдення кремневого замку для рушниці (1547 р.) стало прототипом першого спускового механізму (1573 р.). Подальші експерименти з хімічними речовинами (нітрогліцерином, нітроцелюлозою і бездимними порохами) витіснили традиційний порох, і зробили міни більш універсальними та посилили руйнівний ефект при їх застосуванні. Простота у використанні, дешевизна виробництва та ефективність на полі бою призвела до масштабного конвеєрного виробництва та використання у всіх збройних протистояннях та війнах. Неконтрольоване виробництво, використання, складність ідентифікації, невибіркове ураження та ряд негативних наслідків перетворили проблему мінного забруднення в одну із глобальних проблем людства [1].

Мінні поля, відомі як «приховані вбивці», щороку забирають тисячі життів, переважно серед цивільного населення. Вони часто залишаються невиявленими в землі ще довго після завершення конфлікту, завдаючи масових страждань цивільному населенню протягом багатьох років після настання «миру». Більшість мінних полів не нанесено на карту та не зареєстровано, і тих, хто їх заклав, можливо, більше не існує. Мінне забруднення має чітко виражений просторовий (територіальний) характер.

Рівень ризику залежить від типу місцевості, інтенсивності бойових дій та подальшого використання території. Основна небезпека такої загрози полягає у невидимості об'єктів, непередбачуваності наслідків, невибірковості дії.

Окрім різних типів мін, аналогічну загрозу становлять нерозірвані боєприпаси, ручні гранати та саморобні вибухові пристрої, призначення або мета застосування яких подібні, і якими у поєднанні з мінами забруднені постконфліктні території. Близько 87,5 % мін та вибухонебезпечних предметів знаходяться в приземному шарі на глибині 2,5-15,2 см, ще 5 % в різних водних середовищах, що ще більше утруднює їх ідентифікацію [2]. Різноманітність матеріалів виготовлення (метали, деревина, полімерні матеріали) у поєднанні з множинністю середовищ розповсюдження зумовлює відсутність універсального та однаково ефективного методу їх детекції. Станом на сьогодні не існує жодного універсального методу, який би зі 100 % гарантією задовольняв вимоги гуманітарного розмінування. Це зумовлено не лише високими стандартами протимінної діяльності, а й типом та умовами місцевості, де здійснюються заходи з розмінування, конструктивними особливостями мінних озброєнь. Багато пропонованих методів технологічно не зрілі, проте перспективні й потребують розвитку та доопрацювань [3]. Міни та боєприпаси можуть роками лежати в землі, траві або воді і навіть переміщуватися через дощі, повені, зсуви ґрунту та не проявляти себе до моменту випадкового контакту.

У масштабі історії людства, історія сучасних мін не тривала й заледве охоплює два століття. Досі поширені випадки, коли випадково знаходять нерозірвані боєприпаси або міни періоду Першої світової війни, які попри понад сторічний термін однаково становлять небезпеку [4].

Масове використання протипіхотних мін у збройних конфліктах, особливо під час локальних воєн другої половини XX ст., призводило до численних жертв серед мирного населення, значну частину яких становили діти. Навіть після завершення бойових дій міни продовжували становити смертельну небезпеку. Замінновані території спричиняли масштабні гуманітарні проблеми: ускладнювали повернення біженців, перешкоджали відновленню інфраструктури та повноцінному використанню сільськогосподарських земель. Водночас попередні міжнародні домовленості виявилися недостатньо ефективними, оскільки не передбачали повної заборони протипіхотних мін і не містили дієвих механізмів контролю. Це зумовило об'єктивну потребу у запровадженні більш жорстких міжнародно-правових зобов'язань.

Конвенція 1997 р. про заборону використання, накопичення, виробництва і передачі протипіхотних мін та їх знищення (відома як Оттавська конвенція) визначає протипіхотну міну так:

«…міна, призначена для вибуху внаслідок присутності, близькості або контакту з особою, яка виведе з ладу, поранить або вб'є одну або

більше осіб. Міни, призначені для підриву внаслідок присутності, близькості або контакту транспортного засобу, а не людини, які обладнані пристроями проти виймання, не вважаються протипіхотними мінами внаслідок такого оснащення».

Насамперед, мінне забруднення створює безпосередню загрозу життю та здоров'ю людей. Безпека є основною соціальною цінністю, яку повинна забезпечувати держава своєму народу, а земля – основним національним багатством. Вибухи протипіхотних та протитанкових мін призводять до численних травм і смертей серед цивільного населення, часто серед дітей та людей похилого віку. Психологічний ефект мінного забруднення не менш значущий: постійний страх за власну безпеку обмежує пересування населення, перешкоджає нормальному життю та роботі. Люди на уражених територіях уникають відкритих просторів, змінюють маршрути пересування, що впливає на соціальну активність життя в соціумі. Відсутність заходів протимінної діяльності на забруднених територіях робить їх ізольованими, а мешканці таких районів починають відчувати себе покинутими державою. Гарантування безпеки населення на територіях з можливостями їх повноцінного використання запорука прогресивного розвитку та відбудови держави.

Мінне забруднення має прямий та опосередкований економічний вплив. Замінованими як правило залишаються найбільш продуктивні землі, що створює серйозні ризики для цивільного населення, економічної стабільності, постконфліктного відновлення, зокрема продовольчої безпеки. Між протимінною діяльністю та продовольчою безпекою існує складний зв'язок. Розмінування сприяє зменшенню бідності та дозволяє повноцінний доступ до ресурсів та інфраструктури [5].

Вибухи мін мають довгостроковий негативний вплив на екологію. При детонації боєприпасів у ґрунт потрапляють важкі метали та хімічні речовини, що спричиняють забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Це може призвести до порушення родючості земель, загибелі флори та фауни, а також до накопичення токсинів у харчових ланцюгах. Забруднення ґрунту наземними мінами позбавляє місцеві громади доступу до землі та природних ресурсів. Розмінування не гарантує фермерам повернення до обробки цих земель. Поверхню ще потрібно вирівняти та рекультивувати, відновити родючість ґрунту. Морфологія, склад та біологія ґрунту суттєво змінюються внаслідок бойових дій як у воєнний, так і в мирний час (наприклад, на випробувальних полігонах), а повне відновлення деяких характеристик може потребувати років або навіть століть. Деякі функції ґрунту можуть бути остаточно порушені, якщо не застосовувати відповідні методи рекультивації. Такі методи часто є надзвичайно дорогими, як у випадку забруднення діоксинами або радіонуклідами, а рекультивація може навіть призвести до повного видалення забрудненого ґрунту та його заміни ґрунтовим матеріалом з інших місць [6].

Різка зміна ландшафтів внаслідок бойових дій та забруднення території пережитками війни вилучає на десятки років з господарського використання значну площу родючих сільськогосподарських земель, обмежує та сповільнює потенціал повоєнного відновлення територій, посилює продовольчу, екологічну, економічну та соціальну напругу, а тому потребує розробки політики управління забрудненими війною землями. Заходи з протимінної діяльності повинні включати приведення навколишнього середовища у стан, подібний до природного, або, де це можливо, кращий, ніж до початку операцій з протимінної діяльності, та у стан, який дозволяє необхідне цільове використання земельних ділянок після завершення операцій з розмінування».

Необхідність координації зусиль держав, міжнародних організацій і гуманітарних місій у сфері розмінування, мінної просвіти та допомоги постраждалим підкреслює її значущість як одного з ключових викликів сучасності. Мінна загроза має тісний і багатовимірний зв'язок із Цілями сталого розвитку ООН (ЦСР), оскільки безпосередньо впливає на здатність держав забезпечувати безпеку, розвиток і добробут населення. Вивільнення земельних ділянок прямо чи опосередковано стосується досягнення 14 (ЦСР: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17) із поміж 17 ЦСР. Наявність замінованих територій підриває реалізацію ЦСР у гуманітарній, соціальній, економічній та екологічній сферах, що робить протимінну діяльність важливою складовою глобальної політики сталого розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуцул Т. В., Ткач В. О., Хобзей М. М. Класифікація та особливості методів гуманітарного розмінування територій на сучасному етапі / за ред. Т. В. Гуцул. Чернівці : Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича, 2024. URL: https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/10515
2. Wilson J., Gader P., Lee W., Frigui H., Ho K. A Large-Scale Systematic Evaluation of Algorithms Using Ground Penetrating Radar for Landmine Detection and Discrimination // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2007. – Vol. 45, No. 8. – P. 2560–2572. – DOI: 10.1109/TGRS.2007.900993.
3. Гуцул Т. В. Вплив ґрунтових параметрів на гуманітарне розмінування // *Цивільний захист в умовах війни* : зб. тез доповідей І Міжнар. наук.-практ. конф., 17-18 квіт. 2025 р. – 2025. – С. 168–170.
4. Гуцул Т. Геопросторові дані в гуманітарному розмінуванні територій: значення, класифікація та можливість застосування на різних етапах // *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2026. № 1(65). С. 1–12.
5. Гуцул Т., Мирончук К., Ткач В., Хобзей М. Економічна ефективність та пріоритетність розмінування: міжнародний досвід // *Український журнал прикладної економіки та технологій*. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 308–313. – DOI: 10.36887/2415-8453-2023-2-44
6. Certini G., Scalenghe R., Woods W.I. The impact of warfare on the soil environment // *Earth-Science Reviews*. – 2013. – Vol. 127. – P. 1–15. – DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.009.

УДК 614.8

ТЕХНОГЕННІ РИЗИКИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ

***Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА**, к.т.н., доц., заступник начальника кафедри радіаційного і хімічного захисту навчально-наукового інституту інженерної та спеціальної підготовки,*
***Матвій ГОНЧАРЬ**, здобувач вищої освіти навчально-наукового інституту інженерної та спеціальної підготовки*
Національний університет цивільного захисту України

У період війни в Україні багато промислових підприємств було пошкоджено або зруйновано внаслідок обстрілів, що призвело до виникнення масштабних надзвичайних ситуацій. Ураження хімічних підприємств, теплоелектроцентралей та інших об'єктів критичної інфраструктури спричинило перебої з електро- й водопостачанням, посилило ризик екологічних катастроф і створило серйозну загрозу для здоров'я населення [1]. У 2025 році тривали масовані обстріли енергетичних і транспортних об'єктів – удари дронами та ракетами спричинили значні пошкодження електростанцій, газової інфраструктури й залізничних вузлів, що призводило до відключень електро– та тепло-постачання, а також порушення логістики. Станом на 2025/2026 роки понад 50% генерувальних потужностей України виведено з ладу або перебувають в окупації. Зафіксовано понад 5800 атак на об'єкти енергетики з початку повномасштабного вторгнення. Особливий період вимагає переосмислення енергетичної безпеки. Постійні атаки на трансформаторні підстанції та ТЕС призводять до зупинки систем водовідведення та очисних споруд (ризик епідемій), а також до забруднення ґрунтових вод через затоплення шахт на Донбасі, що є незворотним процесом для екології регіону [2].

Станом на початок 2026 року, сумарні збитки, завдані довкіллю та промисловій інфраструктурі України, досягли критичних позначок, що робить цей конфлікт найбільшою техногенною катастрофою в сучасній історії Європи. За даними Міністерства довкілля та Держекоінспекції, загальна сума екологічних збитків перевищила 6 трильйонів гривень (близько $144 млрд). Втрати для ґрунтів оцінюються у 1,29 трлн грн – через засмічення територій залишками боєприпасів та розливи нафтопродуктів. Збитки від забруднення атмосферного повітря становлять 967 млрд грн і пов'язані переважно з пожежами на нафтобазах та масштабними лісовими загораннями. Шкода водним ресурсам сягає 117,8 млрд грн унаслідок забруднення річок і морських акваторій [3].

Підрив греблі Каховської ГЕС в червні 2023 року спричинив одну з найбільших техногенно-екологічних катастроф в України [4]. Наслідки мають довгостроковий характер і охоплюють екологічну, гуманітарну, економічну та безпекову сфери. Загальні економічні втрати перевищують

14 млрд доларів США. Безпосередні пошкодження інфраструктури оцінюються у 2,79 млрд доларів. Аграрна сфера зазнала суттєвих втрат: у зоні впливу деградовано близько 75% рослинного покриву, а також зруйновано зрошувальні системи, які забезпечували водопостачання приблизно 427 тис. гектарів сільськогосподарських угідь.

В умовах війни підвищилися ризики техногенних аварій на промислових об'єктах, особливо в східних регіонах з великою концентрацією хімічних, металургійних і інших підприємств. Оцінки Програма розвитку ООН (ПРООН) та Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) свідчать, що бойові дії значно підвищують ризик техногенних аварій на об'єктах, де зберігаються або використовуються небезпечні речовини. Це стосується хімічних підприємств, складів аміаку, хлору, нафтопродуктів, нафтобаз, очисних споруд, промислових холодильних установок, а також підприємств з утилізації відходів. І небезпека полягає не лише в окремих аваріях, а й у накопиченні впливів: повторні обстріли викликають руйнування резервуарів і технологічного обладнання, що призводить до викидів токсичних речовин у повітря, ґрунт і воду; тривале горіння нафтопродуктів, пластмас, хімічної сировини, що супроводжується утворенням токсичних продуктів згоряння; відсутність належного моніторингу та обмежений доступ до територій ускладнюють ліквідацію наслідків і збільшують довгострокові екологічні та медичні ризики.

Що стосується промислових та інфраструктурних збитків, то сукупні втрати за чотири роки війни промислового і будівельного сектору оцінюються приблизно у 645,6 млрд доларів США, житловий фонд – знищено або пошкоджено орієнтовно 2,5 млн будинків, що становить близько 13% від загальної кількості житла в країні [3]. Україна офіційно стала найбільш замінованою країною світу. Це техногенний ризик довготривалої дії, що перешкоджає відновленню інфраструктури, роботі аграрного сектору та створює постійну загрозу життю людей на десятиліття вперед.

Отже, аналіз техногенних загроз в особливий період дозволяє зробити висновок, що Україна зіткнулася з новим типом гібридних катастроф, тому сучасна техногенна безпека держави повинна будуватися таким чином, щоб кожен промисловий об'єкт міг бути максимально захищеним від військових загроз.

ЛІТЕРАТУРА

1. Луценко Д., Чиркіна-Харламова М.А. Аналіз надзвичайних ситуацій техногенного характеру в умовах воєнного стану в Україні. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідація надзвичайних ситуацій:* матеріали XVI міжн. наук.-практ конф., м. Черкаси 02.05.2025 р. / НУЦЗ України, 2025. С. 302.
2. Гриценко В. В., Бойко О. М. Техногенні ризики в умовах збройного конфлікту: моніторинг та стратегії мінімізації. *Вісник цивільного захисту*. 2024. № 4 (12). С. 15–28.

3. Екологічні наслідки війни в Україні: звіт за 4 роки. / *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: *eco.gov.ua*. (дата звернення: 02.03.2026).
4. Вплив підриву Каховської ГЕС на техногенну та екологічну безпеку Півдня України: аналітична доповідь / Національний інститут стратегічних досліджень, 2023. 84 с.

УДК 351.865:338.49:620.92

АНАЛІЗ МНОЖИННИХ ВІДМОВ У КРИТИЧНИХ ІНФРАСТРУКТУРАХ НА ПРИКЛАДІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

***Володимир СИДОРЕНКО**, д-р техн. наук, проф.,*
***Анна ДЕМКІВ**, PhD, доц.,*
***Олександр ДОЦЕНКО**, PhD, ст. досл.,*
***Альона МИХАЙЛОВА**, канд. техн. наук, ст. досл.,*
Віталій СВІРСЬКИЙ
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України

Критична інфраструктура являє собою сукупність взаємовпливаючих соціотехнічних систем, що функціонують для забезпечення життєво важливих потреб суспільства [1]. Енергосистема є одною з пріоритетних систем, що визначає розвиток всієї інфраструктури в цілому. Вона включає взаємопов'язані техніко-технологічні підсистеми, процеси і персонал. Енергосистема характеризується спільністю режимів у безперервному процесі виробництва, перетворення, передачі і розподілу електричної і теплової енергії під час загального управління цими режимами. До основних підсистем відносяться підсистема генерації (АЕС, ТЕЦ, ДРЕС), передачі і розподілу, управління та інші забезпечуючі підсистеми.

АЕС є підсистемою з найбільшою вагою наслідків аварій. Множинні відмови є одними з основних ризик-факторів, що знижують рівень безпеки АЕС. Аналіз атомних аварій, що сталися за два останніх десятиліття, показує, що їх причинами є як множинні відмови устаткування і систем АЕС, так і аварії в інших підсистемах. Множинні відмови обумовлюють ризики для систем нормальної експлуатації АЕС і систем безпеки. Статистика відмов у системі безпеки АЕС показує, що на 3000 відмов різного устаткування доводиться біля 450 (15 %) множинних відмов. Прикладом множинних відмов у ядерній безпеці є аварія на Чорнобильській АЕС, ступінь тяжкості якої віднесена за міжнародною шкалою до 7 рівня. У процесі підготовки і проведення випробувань з навантаженням власних потреб блоку, персонал відключив ряд технічних засобів захисту. У результаті реактор був приведений в нестійкий стан, що призвело до неконтрольованого росту потужності реактора і вибуху, з подальшим викидом радіоактивних речовин.

Аварія в березні 2011 року на АЕС Фукусіма-1 підтвердила актуальність проблеми управління ризиками множинних відмов для інфраструктурного рівня в цілому, коли аварії однієї інфраструктури обумовлюють аварії іншої інфраструктури. Аварія енергосистеми, пов'язана із землетрусом і цунамі, привела до втрати зовнішнього енергопостачання АЕС, що зумовило збої в роботі систем охолодження реактора, розплавлення палива, вибухів і забруднення навколишнього середовища радіоактивними матеріалами. Аварія енергосистеми завдала колосальних економічних збитків усім інфраструктурам Японії, який обчислюється сотнями мільярдів доларів.

Аварія підтвердила, що рівень інфраструктурної безпеки визначається безпекою її систем, підсистем на всіх інфраструктурних рівнях. Безпека АЕС визначається не тільки функціональної безпекою самої станції, її систем (підсистем), але і рівнем безпеки всіх пов’язаних з АЕС підсистем енергосистеми. Множині відмови систем АЕС знижують ефективність одного з її базових принципів безпеки – принципу одиничної відмови. На практиці цей принцип реалізується шляхом резервування, припускаючи застосування двох або більше аналогічних систем або незалежних каналів однієї системи. Однак множинні відмови призводять до одночасних відмов декількох систем, що резервують один одного.

28 квітня 2025 року близько полудня в Іспанії, Португалії та деяких районах Франції сталось раптове відключення електроенергії. Повідомляється, що цілі міста залишились без світла та Інтернету, зупинили роботу аеропорти, метро та залізничне сполучення. Оператор національної мережі Іспанії Red Eléctrica оголосив, що терміново працює над відновленням електропостачання. Віз заявив, що причини з’ясовуються і всі ресурси спрямовуються на їхнє усунення. У соцмережах висловлюють побоювання щодо можливої «російської кібератаки» після минулих подібних змов проти Європи, але португальський дистриб’ютор E-Redes заявив, що збій стався через «проблему з європейською системою електроенергії». Компанія заявила, що була змушена відключити електроенергію у певних областях заради мережевої стабілізації.

Іспанія повідомила про втрату зовнішнього електропостачання на всіх своїх АЕС. Усі енергоблоки були зупинені у штатному режимі. Дизель-генератори працюють справно, підтримуючи критичні системи безпеки. Національний регулятор Іспанії (CSN) оперативно активував кризові протоколи, міжнародні організації поінформовані. Охолодження реакторів триває стабільно, всі вимоги ядерної безпеки дотримані. Уряд Іспанії заявляє, що, ймовірно, вже найближчими днями стане відома причина цієї надзвичайної ситуації.

Існує безліч методів оцінки ризику, обумовленого множинними відмовами. Для рівня підсистем використовується група параметричних методів і оцінюється ймовірність настання відмов систем і устаткування

АЕС [2, 3]. Інші частина методів [4] оцінює ризики виникнення множинних відмов на інфраструктурному рівні, наприклад, каскадних аварій енергомережі. Таким чином, множинні відмови виникають на всіх інфраструктурних рівнях і характеризуються високою тяжкістю наслідків. Також існує безліч різних методів, що оцінюють ризики множинних відмов на різних рівнях інфраструктури. Проблема зниження ризику множинних відмов є комплексною і повинна вирішуватися для всіх рівнях інфраструктури. Для цього необхідно розробити загальну методологію, як єдину платформу для проведення ризик-аналізу. Одним з початкових етапів може бути уточнення таксономії множинних відмов, аналіз причин та підходів до оцінки ризиків, розробка загальних принципів аналізу множинних відмов в інфраструктурах. Отже, розробка принципів загального підходу до ризик-аналізу множинних відмов критичної інфраструктури, класифікація множинних залежних відмов і чинників, що обумовлюють їх виникнення є актуальним завданням.

Під час проведення аналізу множинних відмов необхідно розглядати інфраструктуру як комплексну адаптивну систему, що характеризується емерджентною поведінкою. В основу ризик-аналізу множинних відмов в інфраструктурах можуть бути покладені наступні принципи: 1) принцип системності (передбачає розгляд інфраструктури як єдиної системи); 2) принцип ієрархії (інфраструктура є ієрархічною системою, а множинні відмови виникають на всіх рівнях інфраструктури, причому аналіз множинних відмов на одному рівні повинен враховувати результати аналізу іншого нижнього рівня); 3) принцип невизначеності (аналіз множинних відмов повинен враховувати невизначеність, пов'язану з недостатністю статистичної бази відмов і з неточним чи неповним обсягом знань про поведінку критичної інфраструктури).

Ризик-аналіз може проводитися як зверху вниз, досліджуючи можливості виникнення множинних відмов на інфраструктурному рівні і їх наслідки для всіх нижніх рівнів, так і навпаки. Невизначеність обумовлена неповнотою знань про природу ризиків, що можуть призвести до виникнення інфраструктурних аварій і катастроф. Відповідно з принципом ієрархії інфраструктура представляється у вигляді декількох рівнів. Аналіз множинних відмов повинен проводитися для кожного рівня інфраструктури. Результати аналізу використовуються для розробки стратегій управління відмовами інфраструктури в цілому (infrastructure fault management). Під час аналізу безпеки інфраструктури необхідно враховувати, що множинні відмови систем одного рівня призводять до появи відмов систем всіх взаємопов'язаних рівнів. Число рівнів інфраструктури визначається ступенем необхідної деталізації та завданням, що необхідно розв'язати. Так, наприклад, до основних рівнях інфраструктури можна віднести: 1) рівень інфраструктур (перший рівень). Цей рівень включає різні інфраструктури: енергосистему, телекомунікації, системи водопостачання та інші; 2) рівень інфраструктурних систем

(другий рівень). Так, наприклад, для енергосистеми підсистемами є генеруючі станції, підсистеми розподілу і передачі тощо; 3) рівень інфраструктурних підсистем (третій рівень). На цьому рівні виділяються, наприклад, для АЕС – системи нормальної експлуатації, системи безпеки, управління і т.п.

Формально будь-яка інфраструктура являє собою взаємопов'язану безліч вузлів. Вузли кожного рівня ієрархії взаємопов'язані між собою безліччю зв'язків. Кожен вузол у свою чергу є складною системою, що включає безліч вузлів наступного рівня і зв'язків між ними. Зручною моделлю уявлення інфраструктури є граф виду:

$$G=(X, V), \quad (1)$$

де X – безліч вузлів;

V – безліч зв'язків між вузлами.

У свою чергу, кожен i-й вузол j-го рівня ієрархії інфраструктури також може бути представлений у вигляді графа виду:

$$Gij=\{(Xijs)\ IJS, (Vkij)\ KIJ\}, \quad (2)$$

де $ijs\ IJS\ (X)$ – s-я підсистема i-ї системи (вузла) j-го рівня ієрархії, $i=1, I, j=1, J, s=1, S$;

$(Vkij)\ KIJ$ – k-е ребро i-ї системи j-го рівня ієрархії $k=1, K$.

Кожна вершина інфраструктури може перебувати в одному з безлічі станів, наприклад, працездатному, непрацездатному і частково працездатному. Поведінка інфраструктури описується динамікою змін цих станів. Стану систем одного рівня обумовлюють зміну станів систем іншого рівня ієрархії. На інфраструктурному рівні виникають множинні аварії. Під множинними аваріями будемо розуміти одночасне настання аварій (або аварійних режимів роботи) двох і більше інфраструктур.

У разі множинних інфраструктурних аваріях частина інфраструктур переходить в неробочий стан. У цьому разі частина підсистем другого і третього рівнів ієрархії може перебувати в працездатному стані. Під час переходу в неробочий стан відбувається зміна зв'язків між системами. Вони можуть порушуватися, змінюватися, викликаючи тим самим зміни стану залежних систем.

Можна розглядати такі види множинних аварій: каскадні аварії, аварії з загальної причини і ускладнюючі аварії. Причинами множинних аварій є збої, відмови в роботі систем другого і третього рівнів ієрархії, дії людини, вплив зовнішнього середовища тощо. Для зниження наслідків відмов для інфраструктурного рівня застосовується безліч стратегій. Якщо ці стратегії не ефективні, то множинні відмови систем «нижніх» рівнів призводять до збоїв та відмов, аварій в інфраструктурах.

Існує ряд підходів, які ефективно використовують для забезпечення безпеки систем другого і третього рівнів інфраструктури. До них відносять поділ, резервування та діверсність. Частина цих підходів застосовується на інфраструктурному рівні. Наприклад, в енергосистемах потужності резервуються для підтримки балансу між енергоспоживанням і виробництвом.

Так, у випадку з Фукусімой-1 діверсність зовнішнього енергопостачання могла бути представлена у вигляді використання альтернативних екологічно чистих джерел енергії (вітряки, сонячна енергія і ін.). Аварії (відмови) з загальної причини виникають унаслідок загальної уразливості групи інфраструктур (підсистем) до однієї причини. Ця уразливість обумовлюється дією фактором зв'язності.

До основних факторів зв'язності можна віднести: 1) фактори єдиного дизайну (на етапі розробки формується безліч загальних особливостей, що характеризують інфраструктуру на всіх її рівнях); 2) фактори загальної якості виробництва (виробник використовує єдині виробничі процедури, матеріали, у тому числі і для контролю якості продукції); 3) фактори єдиної системи обслуговування (єдиний графік обслуговування, тестування і калібрування, єдині процедури тестування, єдиний персонал зумовлюють загальну уразливість і призводять до появи множинних відмов); 4) фактори загальних умов експлуатації (ідентичні компоненти підкоряються одній і тій же експлуатаційній процедурі, у зв'язку з чим помилки в процедурі можуть призвести до одночасної відмови підсистем); 5) фактори загальної експлуатаційної процедури (група компонентів може перебувати під впливом ідентичних стрес-факторів навколишнього середовища, таких як повінь, пожежа, землетрус тощо).

Повністю дії цих факторів уникнути не можна, оскільки вони є невід'ємною частиною еволюційного розвитку складних систем. Тому єдиним підходом може стати недопущення їх надмірного впливу на інфраструктуру. Ризик множинних аварій (відмов) завжди присутній, тому необхідно розробити стратегію їх парирування і забезпечити інфраструктуру необхідним обсягом ресурсів, що будуть використані для реалізації однієї з можливих стратегій.

Таким чином, множинні відмови виникають на всіх рівнях критичної інфраструктури. Наслідки множинних відмов одного рівня можуть поширюватися на інші рівні ієрархії. Множинні відмови нижніх рівнів ієрархії, що обумовлюють збої в роботі систем нормальної експлуатації і систем безпеки, приводять до аварій на інфраструктурному рівні. Ризик-аналіз множинних відмов необхідно проводити для всіх рівнів інфраструктури. Результати аналізу нижніх рівнів повинні враховуватися під час аналізу верхніх рівнів. Для аналізу повинна бути використана єдина методологія з використанням уніфікованих підходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rinaldi S.M., Peerenboom J.P., Kelly T.K. Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems*. 2001. № 21. С. 11–25. URL: http://dx.doi.org/10.1109/37.969131.
2. Mosleh A. et. al. Guidelines in Modeling Common-Cause Failures in Probabilistic risk assessment (NUREG/CR-5485). Washington, DC, 1998. 123 p.

2. Stamatelatos M., Dezfuli H. Probabilistic Risk Assessment Procedure Guide for NASA (NASA/SP-2011-3421). Washington, DC, 2011. 432 p.
3. U.S. – Canada power system outage task force. Finalreport on the august 14, 2003 blackout in the US and Canada: Causes and recommendation. Canada, 2004. 238 p. URL: https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1165.pdf.

УДК 614.84

ДІЯ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ НА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ РЕЗЕРВУАРУ З НАФТОПРОДУКТОМ

***Володимир ОЛІЙНИК**, д-р техн. наук, проф.,*
***Ілля КИРИЧЕНКО**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України*

Резервуарні парки виступають базовими об’єктами для зберігання сирої нафти та різних видів нафтопродуктів на підприємствах нафтопереробної галузі та нафтобазах. В умовах сучасної воєнної обстановки такі об’єкти все частіше піддаються ураженню внаслідок ударів по енергетичній інфраструктурі, що супроводжується виникненням пожеж різного масштабу. Практика ліквідації подібних надзвичайних ситуацій свідчить, що значна частина таких подій характеризується складною динамікою розвитку та високим рівнем небезпеки.

Аналіз аварій у резервуарних парках демонструє, що для них типовим є прояв «ефекту доміно», який полягає у послідовному розвитку аварійних подій. Навіть незначне початкове займання може спричинити виникнення нових осередків пожежі, що призводить до значного ускладнення обстановки. Основною причиною такого розвитку є велика концентрація горючих і легкозаймистих рідин на обмеженій території, а також інтенсивний тепловий вплив між сусідніми резервуарами.

Згідно з результатами аналізу статистичних даних, пожежі становлять значну частку серед подій, що супроводжуються «ефектом доміно». Найбільш поширеними сценаріями є пожежі розливу горючих рідин або займання резервуарів із нафтопродуктами. За таких умов виникає необхідність оперативного визначення об’єктів, які зазнають найбільшого теплового навантаження, особливо в умовах обмеженості сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів.

Для опису теплового випромінювання від пожежі розливу на конструктивні елементи резервуару з нафтопродуктом використовується математична модель, яка базується на низці наступних припущень:

Зовнішня поверхня стінки резервуара бере участь у теплообміні з полум’ям пожежі та навколишнім середовищем за рахунок променевих і конвективних процесів.

Внутрішня поверхня сухої частини стінки резервуара здійснює теплообмін із газоповітряною сумішшю, що знаходиться в надрідинному просторі, а також бере участь у променевому теплообміні з поверхнею рідини та іншими ділянками внутрішньої поверхні.

Змочена частина стінки резервуара взаємодіє з рідиною, що знаходиться всередині, передаючи тепло шляхом конвекції. При цьому враховується інтенсивність теплообміну між металом стінки та рідкою фазою.

Передбачається, що температура по товщині стінки резервуара є однаковою, тобто температурні градієнти в напрямку товщини не враховуються.

Передача тепла в матеріалі здійснюється за рахунок теплопровідності сталі.

Згідно з прийнятими припущеннями, температурне поле в стінці резервуара описується наступним рівнянням:

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0, \tag{1}$$

де T – температура стінки резервуара.

Аналогічна ситуація спостерігається і в покрівлі резервуара: якщо вважати температуру сталою по всій товщині покрівлі, то отримаємо

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0. \tag{2}$$

Основним рівнянням для опису процесу є рівняння теплопровідності в циліндричних координатах:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\right), \tag{3}$$

де $T(r, \varphi, z)$ – температура;

a – коефіцієнт температуропровідності:

$$a = \frac{\lambda_c}{c_c \rho_c};$$

ρ_c, c_c, λ_c – густина сталі, коефіцієнт теплоємності та коефіцієнт теплопровідності.

Для стінки резервуара з врахуванням виразу (1) рівняння (3) перетворюється на:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\right);\ 0 < z < H;\ 0 < \varphi < 2\pi,$$

де T(φ, z) – температура стінки резервуара у точках з заданими координатами;

H, R – висота та радіус резервуару.

З урахуванням геометричних параметрів резервуара та прийнятих припущень рівняння теплопровідності трансформується у форму, що описує розподіл температури по стінці:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{R^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta};\ 0 < z < H;\ 0 < \varphi < 2\pi, \qquad (4)$$

де δ – товщина стінки резервуара.

Підставивши вирази (2) у (3), ми отримаємо рівняння для розподілу температури в покрівлі резервуара:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\right);\ 0 < r < R;\ 0 < \varphi < 2\pi.$$

Для покрівлі резервуара отримується аналогічне рівняння:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\right) + \frac{q}{c_c \rho_c \delta};\ 0 < r < R;\ 0 < \varphi < 2\pi. \qquad (5)$$

В якості граничної умови приймається теплоізоляція нижньої частини стінки резервуара:

$$\left.\frac{\partial T}{\partial z}\right|_{z=0} = 0. \qquad (6)$$

Початковий розподіл температури задається у вигляді:

$$T\big|_{t=0} = T_0. \qquad (7)$$

Таким чином, система рівнянь дозволяє визначити зміну температурного поля у часі та просторі, що дає можливість оцінити рівень теплового впливу пожежі та прийняти обґрунтовані рішення щодо захисту резервуарів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2025 року. Available online: https://dsns.gov.ua/upload/2/5/5/1/7/8/2/analiticna-dovidka-pro-pozezi-2025.pdf

УДК 614.841:621.311.243

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗЕРВНИХ ВВОДІВ У РОЗПОДІЛЬЧИХ ПУНКТАХ

Олексій ТИРСІН,
Олег ЗЕМЛЯНСЬКИЙ, *д-р техн. наук, проф.*
Національний університет цивільного захисту України

В умовах воєнного стану енергетична система України працює під постійним тиском. Ракетні та дронові удари по об'єктах критичної інфраструктури регулярно спричиняють пошкодження електростанцій, підстанцій, магістральних і розподільчих мереж, силових трансформаторів. Достатньо виходу з ладу одного ключового елемента, щоб без світла залишилися тисячі споживачів, а робота цілих районів стала нестабільною. Найбільш болісно перебої в електропостачанні позначаються на соціальній сфері.

Для лікарень електроенергія – це не просто комфорт, а питання життя і безпеки: від неї залежить робота операційних, реанімаційного обладнання, апаратів штучної вентиляції легень, лабораторій. У школах і дитячих садках без електрики зупиняються системи освітлення, опалення, вентиляції та водопостачання.

У багатоповерхових будинках вона забезпечує функціонування ліфтів, насосів теплопостачання, електроплит і численних систем автоматики. Саме тому в періоди аварійних відключень усе частіше використовують дизельні та бензинові генератори напругою 230/400 В. Водночас їх підключення до розподільчих пунктів не може здійснюватися стихійно. Воно потребує продуманих організаційних і технічних рішень. Передусім необхідно унеможливити зустрічну подачу напруги в мережу під час відновлення централізованого живлення. Це досягається шляхом відключення основного вводу та застосування механічного чи електричного блокування.

Раціональним кроком є облаштування в розподільчих пунктах стаціонарного резервного вводу для під'єднання генераторів. У подібних випадках у розподільчих пунктах, як правило, передбачають встановлення трипозиційних перемикачів типу «I–0–II» або систем автоматичного введення резерву. Такі рішення дають можливість безпечно переключатися між основним та резервним джерелами живлення, унеможливлюючи їх паралельну роботу.

Варто зазначити, що застосування генераторних установок не повинно зводиться лише до монтажу відповідної апаратури. Перед реалізацією потрібно виконати низку технічних розрахунків.

Насамперед уточнюють розрахункове навантаження з урахуванням категорії надійності електропостачання споживачів. Далі перевіряють допустимі струмові параметри комутаційних пристроїв, підбирають переріз кабелів між генератором і розподільчим пунктом з урахуванням способу прокладання та допустимих втрат напруги.

На підготовчому етапі обов'язково необхідно здійснити оцінку термічної й динамічної стійкості провідників до можливих струмів короткого замикання. Також доцільно визначити оптимальні параметри апаратів захисту – автоматичних вимикачів або запобіжників. Важливо забезпечити необхідну селективність спрацювання апаратів захисту та дотримання вимог електробезпеки.

Важливо забезпечити узгодженість робочих характеристик генераторної установки з параметрами електричної мережі, до якої вона підключається. Йдеться не лише про формальну відповідність номінальних значень, а про реальну технічну сумісність у всіх робочих режимах – від пуску до максимально допустимого навантаження. Передусім це стосується частоти струму. Для більшості споживачів в Україні стандартною є частота 50 Гц, і навіть незначні відхилення можуть негативно впливати на роботу електродвигунів, електронного обладнання, систем автоматики та медичної техніки. Тому регулятор обертів двигуна генератора має забезпечувати стабільність частоти при зміні навантаження, особливо в моменти різкого підключення потужних споживачів.

Ігнорування цих вимог або неточності при виборі комутаційної техніки чи кабельної продукції можуть обернутися перегрівом елементів системи, передчасним виходом обладнання з ладу або створенням передумов для пожежі.

Таким чином, оснащення розподільчих пунктів резервними вводами за умови належного технічного обґрунтування є практичним заходом, спрямованим на підвищення стійкості електропостачання соціально важливих об'єктів і житлового фонду. Це дає змогу швидше відновлювати живлення після аварій та підтримувати безпечну експлуатацію електроустановок у непростих умовах воєнного часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. Вид. 7-ме. Київ: Міненерговугілля України, 2017.
2. Методичні рекомендації щодо застосування генераторних установок під час тривалих відключень електропостачання населених пунктів /Мельник В.П., Землянський О.М., Григоренко О.М.// Черкаси: НУЦЗ України, 2025 - 33 с.

УДК 614.8

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ЗАПОВНЕННЯ ТРУБОПРОВОДІВ ДРЕНЧЕРНИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

***Вікторія СТЕЦЕНКО**, студент інституту*
пожежної та техногенної безпеки
***Михайло МУРІН**, канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

Всі системи протипожежного захисту ефективні на ранній стадії виявлення пожежі. Тому в автоматичних системах водяного пожежогасіння, де в живильному і розподільчому трубопроводі знаходиться повітря або повітря під тиском, виникає потреба знати час з моменту спрацювання системи до моменту подачі вогнегасної речовини в осередок пожежі.

Дренчерні системи водяного пожежогасіння призначені для подачі вогнегасної речовини одночасно по всій площі, що захищається. При цьому, в черговому режимі живильний трубопровід і розподільча мережа заповнені повітрям з атмосферним тиском завдяки конструктивним особливостям дренчерних зрошувачів.

Тому, при проектуванні цих систем водяного пожежогасіння необхідно дотримуватись виконання вимог нормативних документів, зокрема, забезпечення часу заповнення сухотрубів, що не перевищує максимально допустимого. Подача вогнегасної речовини (це може бути вода, вода зі змочувачем або піна) з моменту спрацювання системи не повинна перевищувати 60 секунд.

Час заповнення живильного трубопроводу і трубопроводів розподільної мережі залежить від витрати насоса основного водоживильника $Q_{ВП}$, який в загальному вигляді можна записати як:

$$Q_{ВП} = \sum_{i=0}^{N} Q_i \qquad (1)$$

де Q_i – витрати вогнегасної речовини з і-го рядку;

N – кількість рядків розподільної мережі.

Однак, знаючи геометричні розміри розподільної мережі (діаметр трубопроводів і довжини ділянок між гілками) витрата з будь-якого рядка можна записати в наступному вигляді:

$$Q_N = M_N \cdot Q_0 \qquad (2)$$

де M_N – геометричний коефіцієнт, що характеризує ділянку розподільної мережі між двома сусідніми точками, на якому витрати вогнегасної речовини залишається постійним. Геометричний коефіцієнт визначається за такою формулою [5]:

$$M_N = \sqrt{M_{N-1}^2 + (\sum_{i=0}^{N-1} M_i)^2 \cdot \frac{\varphi}{k_{1_{(N-1)\div N}}} \cdot l_{(N-1)\div N}} \qquad (3)$$

де $M_0 = 1$;

$k_{1_{(N-1)\div N}}$ - питомий коефіцієнт втрат напору на ділянці (N-1)÷N (Визначається за таблицею Б.7 додатка Б [4] для заданого діаметра трубопроводу);

$\varphi = \frac{Q_0^2}{H_0}$ – характеристика рядка розподільної мережі;

Q_0 - витрата з найбільш віддаленого рядка (рис.1);

H_0 - напір в точці приєднання рядка до центрального трубопроводу;

$l_{ЗПУ \div N}$ – довжина ділянки від запірно-пускового пристрою (ЗПУ) до рядка N (довжина живильного трубопроводу);

$l_{(N-1)\div N}$ – довжина ділянки (N-1)÷N.

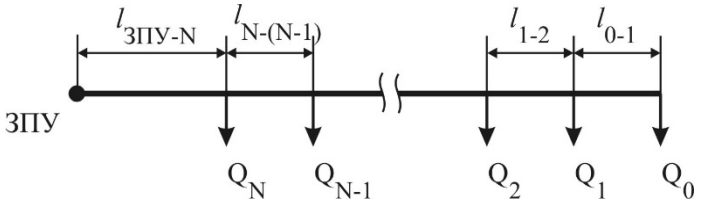


Рисунок 1 – Схема живильного і розподільчого трубопроводу дренчерної системи водяного пожежогасіння.

Середня швидкість по живому значенню трубопроводу згідно [4] дорівнює:

$$v = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d^2} \qquad (4)$$

де q – витрата у перетину;

d – діаметр трубопроводу.

Оскільки витрати вогнегасної речовини на кожній (N-1) ÷ N-ій дільниці залишається постійною, можна записати наступну залежність:

$$v_{(N-1)\div N} = \frac{\Delta l_{(N-1)\div N}}{\Delta t_{(N-1)\div N}} = \frac{4 \cdot q_{(N-1)\div N}}{\pi \cdot d^2_{(N-1)\div N}} = \frac{4 \cdot Q_0 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} M_i}{\pi \cdot d^2_{(N-1)\div N}} \quad (5)$$

Таким чином, згідно [2] загальний час заповнення трубопроводу дорівнюватиме часу заповнення живильного трубопроводу і сумарному часу заповнення кожної ділянки розподільчого трубопроводу. Як правило, центральний трубопровід розподільчої мережі має постійний діаметр. Виходячи з (5) і з огляду на (2) і (3) отримуємо:

$$t_{\sum} = \Delta t_{ЗПУ-N} + \sum_{i=1}^{N} \Delta t_{(i-1)\div i} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \Delta l_{ЗПУ-N}}{4 \cdot Q_{ВП}} + \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot Q_0} \cdot \left(\sum_{i=1}^{N-1} \frac{\Delta l_i}{M_i} \right) \quad (6)$$

З урахуванням (1) залежність (6) перетворюється до наступного вигляду:

$$t_{\sum} = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot Q_{ВП}} \left(\Delta l_{ЗПУ-N} + \sum_{i=0}^{N} M_i \cdot \left(\sum_{i=1}^{N-1} \frac{\Delta l_i}{M_i} \right) \right) \quad (7)$$

Отримана залежність (7) дозволяє визначити час заповнення живильного і розподільчого трубопроводів дренчерній системи пожежогасіння знаючи параметри насоса і геометричні розміри сухотрубів. Якщо виконується умова $t_{\sum} \le 60c$, то розрахунок гідравлічний параметрів мережі можна вважати закінченим. Якщо умова не виконується, то необхідно зменшити діаметр центрального розподільного трубопроводу і перевірити умову (7).

ЛІТЕРАТУРА

1. Стаціонарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування. (EN 12845:2016, IDT): ДСТУ EN 12845:2016. – [Чинний від 2016-09-01]. – (Національний стандарт України).
2. Дренчерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування (ICS 13.220.20): ДСТУ Б CEN/TS 14816:2008. – [Чинний від 2014-04-01]. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 52 с. – (Національний стандарт України).
3. Системи протипожежного захисту. ДБН В.2.5-56:2014. – [Чинний від 2014-07-01]. – К. : Мінрегіон України, 2015. – 127 с. – (Національний стандарт України).
4. Автоматичний протипожежний захист об’єктів. Частина 3: посібник /Укладачі: О.А. Дерев’янко, В.В. Христич, С.М. Бондаренко, М.М. Мурін, О.А. Антошкін. – Х..НУЦЗУ. 2014 – 282 с.
5. Бондаренко С.Н. Определение параметров распределительной сети спринклерной воздушной секции системы водяного пожаротушения / С.Н.

Бондаренко, М.Н. Мурин, В.В. Христич // Проблемы пожарной безопасности.– 2019. – №45.– С. 17-21.

УДК 614.841.3

ПОРТАТИВНИЙ СМАРТ-ДЕТЕКТОР ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ

***Олександр ЗОБЕНКО**, д-р філософії,*
***Наталія ЗОБЕНКО**, канд. техн. наук*
Національний університет цивільного захисту України

Пожежі й досі належать до найбільш небезпечних надзвичайних ситуацій у побуті. За статистикою, значна частина летальних випадків і важких ушкоджень під час пожеж спричинена не самим вогнем, а впливом продуктів горіння, зокрема чадного газу та диму. Найбільш небезпечними є ситуації, коли загоряння виникає під час сну або за відсутності людей поблизу осередку займання.

Стаціонарні системи пожежної сигналізації (датчики диму, автоматичні системи оповіщення, спринклерні та дренчерні установки) переважно застосовуються у багатоквартирних будинках, офісах та громадських закладах. Водночас вони не завжди є доступними або ефективними в інших умовах, зокрема в невеликих житлових приміщеннях, у сільській місцевості чи при індивідуальному використанні. До того ж окремі групи населення – діти, люди похилого віку та особи з інвалідністю – часто не можуть своєчасно відреагувати на виникнення пожежі або не мають надійних засобів оповіщення.

Попри активний розвиток сучасних технологій у сфері персональної безпеки, ідея створення компактного переносного пристрою для оперативного виявлення небезпечних газів досі не отримала широкого поширення.

Протягом останніх років тема смарт-детекторів набула значної актуальності в науково-технічному середовищі. Розвиток концепції «розумного дому» стимулює пошук нових рішень у сфері пожежної безпеки. У численних дослідженнях, проведених у США, країнах Європи та Японії, основну увагу приділено вдосконаленню автономних детекторів диму з урахуванням сучасних проблем, таких як хибні спрацьовування, затримки в оповіщенні та недостатня адаптація до потреб вразливих категорій населення, зокрема людей похилого віку, осіб із порушеннями слуху та дітей.

Науковці вивчали фізіологічну ефективність звукових сигналів різної частоти. Класичні детектори, які працюють на частоті 3100 Гц, не завжди здатні розбудити людину в глибокій фазі сну. У відповідь на ці висновки було рекомендовано використання середньочастотних звукових сигналів (близько 520 Гц), які показали кращі результати у порівнянні з

традиційними. Зокрема, дослідження, проведені Національною асоціацією протипожежного захисту США (NFPA), а також Федеральною агенцією з управління надзвичайними ситуаціями (FEMA), лягли в основу оновлених стандартів і сертифікаційних вимог до пожежних сигналізаторів.

Окрема увага приділяється створенню технічної моделі смарт-детектора з урахуванням новітніх досягнень у галузі мініатюрних сенсорів, бездротових технологій (зокрема Wi-Fi), енергоощадних джерел живлення, а також багатоканального інформування користувача (звукові, світлові та мобільні сповіщення).

У межах проведеного дослідження було запропоновано концепцію портативного смарт-детектора небезпечних газів, основною метою якого є швидке виявлення різних видів шкідливих газів і оперативне інформування користувача в режимі реального часу. Запропонований пристрій виступає універсальним засобом захисту, який може застосовуватися як у побутових умовах, так і в інших місцях перебування, завдяки можливості його кріплення до одягу, рюкзака або навіть на домашню тварину. Було запропоновано побудувати схему яка зображена на (рис. 1).

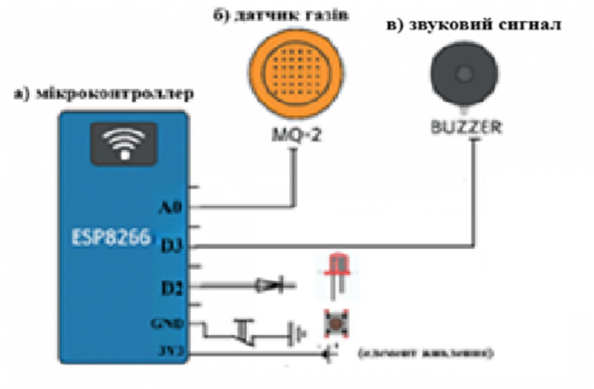


Рисунок 1 – Схема побудови пристрою
(портативного смарт-детектора небезпечних газів)

Базовим елементом пристрою є мікроконтролер ESP8266 з підтримкою Wi-Fi, який забезпечує роботу газового сенсора типу MQ-2, здатного фіксувати наявність диму, чадного газу та інших легкозаймистих речовин. У разі перевищення заданого порогового рівня концентрації диму система автоматично вмикає вбудований звуковий сигнал (пасивний зумер). Якщо доступна Wi-Fi мережа, пристрій також надсилає повідомлення через чат-бот на мобільний телефон користувача. За відсутності мережевого підключення детектор переходить в автономний режим, створюючи власну точку доступу для з’єднання зі смартфоном.

Під час експериментальних досліджень було проведено оцінювання точності вимірювань смарт-детектора. Випробування включали перевірку його функціонування за умов різного рівня задимлення та контрольованої подачі газу. Досліди проводилися у закритому приміщенні з можливістю

регулювання концентрації диму та газу. Отримані результати показали, що середня похибка визначення порогового рівня задимлення становить ±4,8 %, а похибка спрацювання при виявленні газу – ±6,1 %, що загалом відповідає вимогам до побутових сенсорних пристроїв, однак потребує врахування під час практичного застосування та подальшого вдосконалення.

Перед початком експериментів пристрій проходив перевірку на працездатність, а також контролювалися параметри температури та вологості повітря. Було встановлено, що за умов підвищеної вологості (80–90 %) похибка вимірювань може зростати до ±8–10 %. Усі випробування виконувалися з дотриманням вимог техніки безпеки, з використанням витяжної вентиляції, засобів індивідуального захисту та обов'язковою наявністю вогнегасника.

Результати досліду показали, що смарт-детектора небезпечних газів стабільно реагував на середній та високий рівень диму протягом 5–10 секунд після його появи на відстані до 1 метра, а при високій концентрації час реакції скорочувався до 2–3 секунд. При низькому рівні диму та на відстані до 2 метрів час спрацювання збільшувався до 20–25 секунд. Для газу було виявлено, що пристрій не реагував на низькі концентрації, однак впевнено спрацьовував при середніх та високих значеннях, де середній час реакції складав 6–8 секунд. У ході наших випробувань хибного спрацюваннь зафіксовано не було.

Під час тестування детектора в умовах контрольованого задимлення та витоку газу отримано такі результати:

- Час спрацювання при слабкому задимленні (20–25 % затемнення світлового потоку): 5 - 10с.
- Час спрацювання при середньому задимленні (40–45 %): 4 - 5 с.
- Час спрацювання при інтенсивному задимленні (60 % і більше): 2 – 3 с.
- Спрацьовування на концентрацію CO: - через 6 -8 с.
- Гучність сигналу: 82 ± 2 дБ на відстані 1 м.
- Середнє енергоспоживання: 38 мА у режимі моніторингу та 120 мА у режимі тривоги.

Підвищення ефективності протипожежного захисту є одним із пріоритетних завдань сучасного суспільства, особливо з огляду на зростання чисельності населення, інтенсивне використання побутових електроприладів і збільшення кількості техногенних надзвичайних ситуацій. Надійна система пожежної безпеки ґрунтується не лише на роботі екстрених служб, а й на принципах попередження, своєчасного виявлення небезпеки та оперативного оповіщення людини, що дає змогу мінімізувати людські втрати та матеріальні збитки. У цьому контексті перспективним напрямом є впровадження індивідуальних технічних

засобів, зокрема мобільних і портативних пристроїв, таких як смарт-детектори небезпечних газів.

У процесі виконання дослідження було досягнуто поставленої мети та обґрунтовано доцільність використання смарт-детектора як персонального засобу протипожежного захисту. Проведений аналіз сучасних технічних рішень засвідчив, що більшість наявних систем виявлення диму призначені для стаціонарного використання, тоді як переносні індивідуальні пристрої поки що недостатньо поширені. Запропонована модель смарт-детектора поєднує компактні розміри, мобільність і зручність у використанні, що робить її придатною для щоденного застосування [1].

У результаті розробки було створено конструктивну схему пристрою, до складу якої входять сенсор небезпечних газів і компактний звуковий модуль. Така конфігурація забезпечує багаторівневе сповіщення користувача та сприяє швидкому реагуванню на потенційні загрози.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зобенко О.О., Зобенко Н.В., Степаненко В.О. /Портативний смарт-детектор шкідливих газів з вбудованим звуковим сигналом // Комунальне господарство міст, 2025, том 6, випуск 194, С. 340-346.

УДК 621.3

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ВИТРАТИ ВОДЯНОГО ЗРОШУВАЧА

Вячеслав ДУРЄЄВ*, канд. технічних. наук, доц.,*
Адріан КРИВЕШКО*, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Рух рідини в розподільчій мережі супроводжується витратою енергії потоку гідродинамічного напору на подолання гідравлічних опорів. Ці опори бувають двох видів: опори за довжиною $h_{Wдовж}$, пропорційні довжині потоку та місцеві опори $h_{WМ}$, виникнення яких пов'язане зі зміною напрямку чи швидкості потоку. До місцевих опорів відносять раптове розширення потоку, раптове звуження потоку, вентиль, кран, дифузор і т.д.

Місцеві втрати тиску прийнято виражати у частках від швидкісного тиску. Їх визначають за формулою Вейсбаха

$$H = \zeta \frac{V^2}{2g}, \qquad (1)$$

де H – втрати напору, м.вод.ст.; V – швидкість руху рідини, м·с$^{-1}$; g –

прискорення вільного падіння, м·с$^{-2}$; ζ – коефіцієнт місцевого гідравлічного опору, залежить від виду місцевого опору.

У формулі (1) перейдемо до об'ємної витрати

$$H = \frac{\zeta}{2g} \cdot \frac{Q^2}{F^2}, \qquad (2)$$

де F – площа поперечного перерізу зрошувача, м^2; Q – об'ємна витрата ВР, м^3·с$^{-1}$.

З (2) отримаємо вираз для розрахунку об'ємної витрати:

$$Q = F\sqrt{\frac{2gH}{\varsigma}}. \qquad (3)$$

Відповідно до [1]

$$Q = k\sqrt{H}, \qquad (4)$$

де Q – об'ємна витрата ВР, л/с; k – коефіцієнт продуктивності, л·с$^{-1}$·м$^{-2}$; H – тиск перед зрошувачем, м.

Тоді значення k у розмірності [л·с$^{-1}$·м$^{-2}$] буде

$$k = F\sqrt{\frac{2g}{\varsigma}}1000. \qquad (5)$$

З (5) випливає, що коефіцієнт k продуктивності зрошувача залежить від діаметра зрошувача та конфігурації вихідного каналу.

У таб. 1 представлені результати порівняльного аналізу, коефіцієнтів продуктивності, отриманих за формулою 5 та наведених у [1].

Таблиця 1

Діаметр зрошувача: d, м	$8\cdot10^{-3}$	$1\cdot10^{-2}$	$1{,}2\cdot10^{-2}$	$1{,}5\cdot10^{-2}$	$2\cdot10^{-2}$
Коефіцієнт місцевого гідравлічного опору: ζ	1,24	1,26	1,24	1,21	1,24
Коефіцієнт продуктивності по ДБН В2.5-13-98*:k*	0,2	0,31	0,45	0,71	1,25
Коефіцієнт продуктивності розрахунковий (3): $k_{РОЗР}$,	0,202	0,313	0,454	0,718	1,26
Відносна похибка, %	0,832	0,835	0,832	1,085	0,832

Гідравлічний опір довільного зрошувача, приймемо: ζ = 1,234.

У таб. 2 наведено значення коефіцієнта k продуктивності для зрошувачів з ненормованими діаметрами,отримані за (5).

Таблиця 2

Діаметр зрош: d, м	$7\cdot10^{-3}$	$9\cdot10^{-3}$	$1{,}1\cdot10^{-2}$	$1{,}3\cdot10^{-2}$	$1{,}4\cdot10^{-2}$	$1{,}6\cdot10^{-2}$	$1{,}7\cdot10^{-2}$	$1{,}8\cdot10^{-2}$	$1{,}9\cdot10^{-2}$
Коефіцієнт місцевого гідравлічн опору: ζ	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234	1,234
Коефіцієнт продуктивності розрахунк (3): $k_{РОЗР}$,	0,156	0,257	0,384	0,537	0,622	0,813	0,918	1,029	1,146

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. – Київ: Мінрегіон України, 2014.

УДК 621.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТВОРЕННЯ ВОДЯНИХ ЗАВІС ЗРОШУВАЧАМИ ЗАГАЛЬНОГО ТА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Вячеслав ДУРЄЄВ*, канд. технічних. наук, доц.,*
Давид МІРОШНИЧЕНКО*, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Водяна завіса (ВЗ) – потік води або її розчинів, що перешкоджає розповсюдженню через нього пожежі або сприяє запобіганню прогріву технологічного обладнання до гранично допустимих температур. Для створення ВЗ можуть використовуватися дренчерні зрошувачі загального та спеціального призначення. Під час проведення гідравлічних розрахунків водяних автоматичних систем пожежогасіння (АСВПГ) з ВЗ прагнуть виконати вимоги [1]. При цьому питання ефективності застосування зрошувачів спеціального призначення до створення ВЗ не враховуються.

Досліджено ефективність ВЗ зрошувачем загального призначення ДВВ-10 (рис. 1) та зрошувачем спеціального призначення типу «Завіса» (рис. 2) з таким самим діаметром умовного проходу.

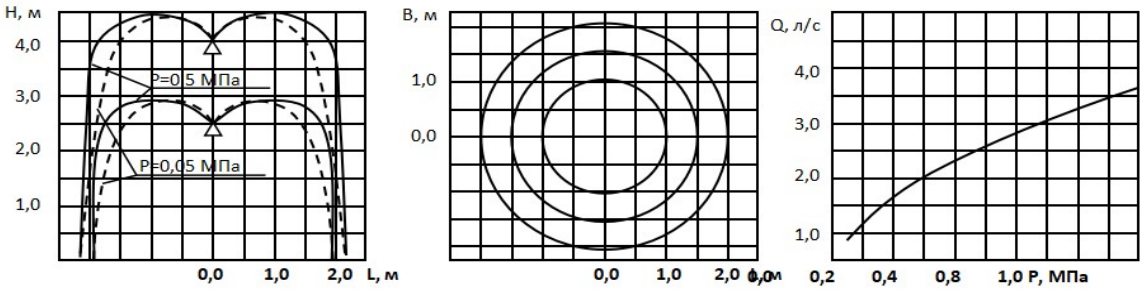


Рисунок 1 – Епюра та карта зрошення зрошувача ДВВ-10

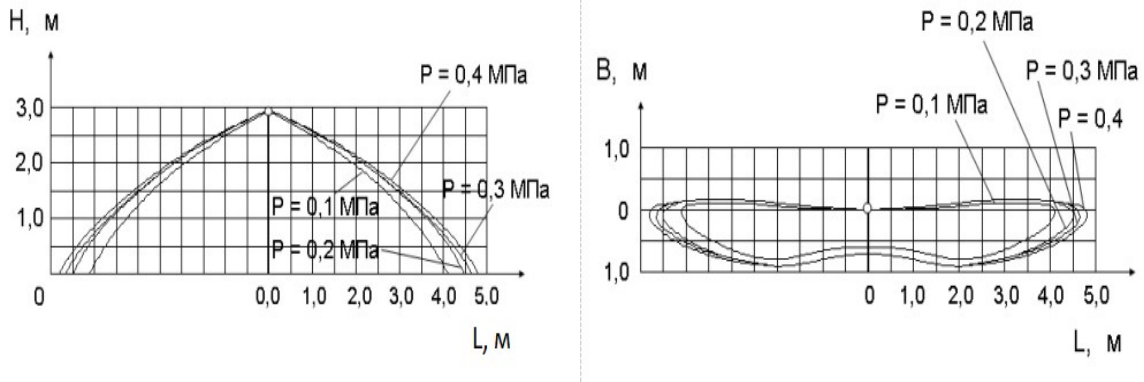


Рисунок 2 – Епюра та карта зрошення зрошувача «Завіса»

Основні технічні дані водяних дренчерних зрошувачив загального та спеціального призначення:

Зрошувач ДВВ-10:

- діаметр умовного проходу d = 10 (мм);
- коефіцієнт витрати K = 60 (л·хвил$^{-1}$ ·бар$^{-0,5}$).

Зрошувач "Завіса":

- діаметр умовного проходу d = 10 (мм);
- коефіцієнт витрати K_f = 48 (л·хвил$^{-1}$·бар$^{-0,5}$).

У табл.1 представлені результати порівняльного розрахунку водяної завіси за методикою [1].

В якості основних гідравлічних параметрів, що впливають на роботу ВЗ визначені:

- Iсер – середня інтенсивність зрошення, л·с-1·м-2;
- *qL* – питома витрата водяної завіси – витрата, що припадає на один погонний метр ширини завіси в одиницю часу, л·с$^{-1}$·м$^{-2}$;
- *nR* – число зрошувачів для створення водяної завіси на ділянці L;
- *Sh* – глибина завіси, перпендикулярна до ширини завіси довжина площі, що захищається, в межах якої забезпечується задана питома витрата, м;
- *Qnotp* – потрібна витрата водяної завіси,л·с$^{-1}$.

Таблиця 1 – Гідравлічні параметри зрошувачів ДВВ-10 «Завіса»

Зрошувач	*d*,м	*Kf*, л·хвил$^{-1}$ ·бар$^{-0,5}$	*p*, бар	*Icep*, л·с$^{-1}$·м$^{-2}$	*qL*, л·м$^{-1}$	*nR*	*Sh*, м	*Qnomp*, л·с$^{-1}$
ДВН-10	10	60,0	12	0,28	0,069	15	0,29	51,9
Завіса	10	48,0	12	0,62	0,154	7	1,50	19,4

Результати розрахунку показують, що ефективність водяних завіс, з урахуванням нормативних вимог щодо питомої витрати води та глибини завіси, для зрошувача спеціального призначення типу «Завіса» у 2,5 рази вища, порівняно з зрошувачем загального призначення ДВВ-10 з таким самим діаметром умовного проходу.

Для водяних завіс, що надійно запобігають поширенню продуктів горіння таким чином, доречно застосовувати водяні зрошувачі спеціального призначення, типу “Завіса”. Якщо до параметрів водяної завіси вимоги не досить жорсткі, то для їх створення достатньо залучати водяні дренчерні зрошувачі загального призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. – Київ: Мінрегіон України, 2014.

УДК 621.3

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПОТОКУ ВОГНЕГАСНОЇ РЕЧОВИНИ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ

***Вячеслав ДУРЄЄВ**, канд. технічних. наук, доц.,*
***Руслан ГОЛУБ**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Проведення проектних розробок систем автоматичного водяного пожежогасіння ставить завдання вибору необхідного протипожежного обладнання. Найменування та номенклатура протипожежного обладнання безпосередньо залежить від потрібних розрахункових параметрів усієї системи. Використовуючи як вихідні дані топологію трубопроводів розподільчої мережі (РМ), варіюючи лише геометричні параметри труб і зрошувачів, отримуємо багатофакторне завдання визначення розрахункових параметрів.

Отже, існує проблема вибору геометричних характеристик трубопроводів та зрошувачів для оптимізації гідравлічних параметрів розподільчої мережі.

Найбільший вплив мають діаметри трубопроводів ділянок РМ, їх протяжність та з'єднання. Аналіз [1] показав, що послідовне збільшення діаметрів трубопроводів дозволяє знизити гідравлічні втрати, і в той же час значно знижує витрату і потужність потоку вогнегасної речовини (ВР).

Для оцінки сукупного впливу геометричних характеристик трубопроводів та зрошувачів на їх гідравлічні параметри, розглянуті тупикові рядки постійного та змінного діаметрів.

У першому випадку, на тупиковому рядку РМ, підключеному до трубопроводу живлення, розташовані 6 зрошувачів, відстані між зрошувачам 3 (м), між крайнім зрошувачем і точкою введення - 1,5 (м). У другому випадку, 6 зрошувачів розташовані на тупиковому телескопічному рядку РМ, підключеному до трубопроводу живлення, відстані прийняті ті ж. За [1] були визначені: витрата Q_0, напір H_0 і потужність M_0 потоку ВР, що підводиться в точці введення для різних значень діаметрів $d_{ЗР}$ зрошувачів і $d_{ТР}$ трубопроводів.

На рис. 1 ÷ 4 представлені результати сплайн-апроксимації отриманих результатів розрахунку з використанням відрізків поліномів третього порядку.

Аналіз графіків на рис. 1 ÷ 4 показує, що для гілок РМ рівного діаметра, витрата, напір і потужність потоку ВР, що підводиться, в точці введення більшою мірою залежать від діаметра застосовуваного зрошувача. У той же час зазначено, що для зрошувачів найбільшого типорозміру характерне максимальне зменшення цих параметрів зі збільшенням діаметра труб РМ.

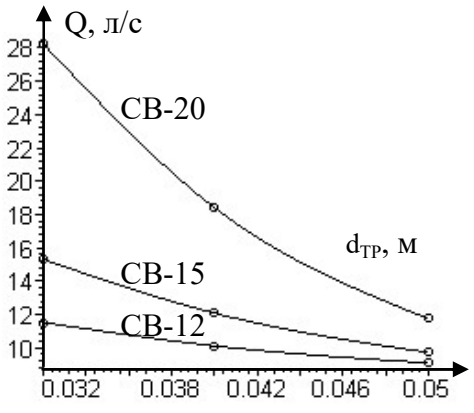


Рисунок 1 – Залежність витрати рідкої ВР від діаметра рядка РМ

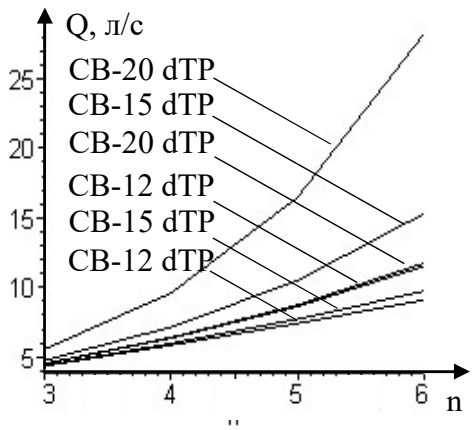


Рисунок 2 – Залежність витрати рідкої ВР від кількості зрошувачів на рядку РМ

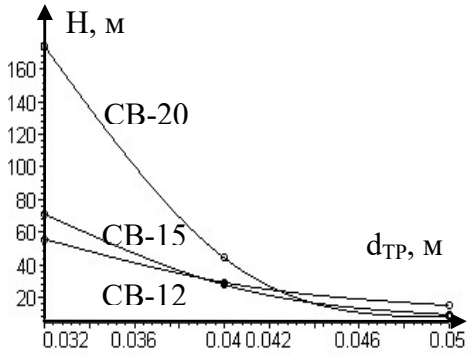


Рисунок 3 – Залежність напору у точці введення від діаметра трубопроводу рядка

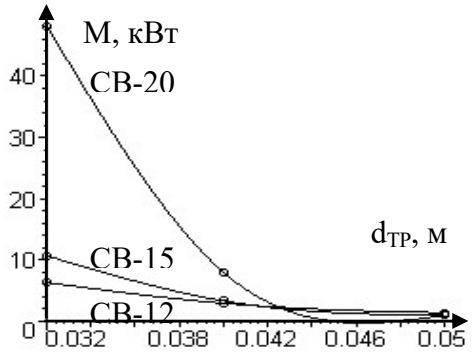


Рисунок 4 – Залежність необхідної потужності ВР у точці введення від діаметра РМ

Крім того, для труб рівного діаметра, витрата ВР у точці введення гілки РМ $d_{ТР}$ = 0,032 (м) з 3 6 зрошувачами СВ-15 відрізняється менше 1% від витрати на введенні гілки РС $d_{ТР}$ = 0,050 (м) з 3 6 зрошувачами СВ-2.

Витрата ВР у точці введення гілки РМ $d_{ТР}$ = 0,050 (м) з 3 ÷ 5 зрошувачами СВ-12 відрізняється менше 1% від витрати на введенні гілки РМ $d_{ТР}$ = 0,050 (м) з 3 ÷ 5 зрошувачами СВ-15 і менше 1,4% для СВ-15. При цьому у всіх випадках, для СВ-12, за рахунок більшого натиску, потужність потоку, що підводиться вище.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. – Київ: Мінрегіон України, 2014.

УДК 621.316.9

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ТА БЛИСКАВКОСТІЙКОСТІ МОБІЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС У ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

***Євген ТИЩЕНКО**, д-р техн. наук, проф.,*
***Діана КОТЛЯР**, ад'юнкт докторантури-ад'юнктури*
Національний університет цивільного захисту України

Забезпечення електробезпеки та блискавкостійкості мобільної інфраструктури підрозділів ДСНС у зоні надзвичайної ситуації є одним із визначальних чинників збереження життя і здоров'я особового складу, а також підтримання працездатності спеціалізованого обладнання в умовах підвищеного ризику. Грозова активність створює комплекс небезпечних впливів, що включають прямий удар блискавки, електромагнітний імпульс блискавки (LEMP), наведені перенапруги в мережах електроживлення та

зв’язку, а також виникнення крокової напруги і напруги дотику [1]. У зв’язку з цим система захисту повинна базуватися на інтегрованому підході, який поєднує вимоги пожежної безпеки, правил улаштування та експлуатації електроустановок, а також положення чинних стандартів блискавкозахисту [1, 2, 3].

Початковим етапом формування системи безпеки є ідентифікація небезпек та оцінка ризиків із урахуванням специфіки мобільних пунктів управління, містечок життєзабезпечення, пересувних електростанцій і вузлів зв’язку. Відповідно до вимог ДСТУ EN 62305-2:2012 оцінювання ризиків передбачає визначення ймовірності прямого ураження об’єкта блискавкою, аналіз параметрів струму блискавки, характеристик ґрунту, топографічних особливостей місцевості, наявності висотних або металевих конструкцій, а також конфігурації кабельних ліній [1]. Результати такого аналізу дають змогу встановити необхідний рівень блискавкозахисту та обґрунтувати склад організаційних і технічних заходів.

Організаційні заходи передбачають суворе дотримання вимог безпечної експлуатації електроустановок і відомчих нормативних документів [2]. Керівник робіт у зоні надзвичайної ситуації зобов’язаний здійснювати попередній аналіз рельєфу місцевості, розташування природних і штучних об’єктів, визначати безпечні зони для розміщення особового складу та техніки [1], а також встановлювати обмеження на виконання робіт у період грозової активності. Під час грози категорично забороняється проведення робіт на висоті, використання незаземлених металевих конструкцій і щогл, а також перебування поблизу струмовідводів і антенних систем відповідно до вимог щодо запобігання небезпеці для життя [2].

Особлива увага приділяється зменшенню ризику ураження кроковою напругою та напругою дотику, що регламентується положеннями стандартів щодо фізичного захисту споруд [2]. У разі виникнення небезпеки персонал повинен пересуватися з мінімальною відстанню між стопами, не відриваючи їх високо від поверхні землі, що зменшує різницю потенціалів між точками контакту з ґрунтом. Забороняється одночасне торкання металевих конструкцій і землі без відповідного захисту, оскільки це може призвести до виникнення небезпечної напруги дотику [2].

Технічна складова системи електробезпеки мобільної інфраструктури передбачає створення ефективної системи блискавкозахисту та зрівнювання потенціалів відповідно до вимог ДСТУ EN 62305-3:2021 [2]. Для мобільних містечок життєзабезпечення, штабів управління та вузлів зв’язку обов’язковим є формування єдиного контуру заземлення, до якого приєднуються всі металеві елементи електроустановок, корпуси генераторів, транспортних засобів, контейнерів, щогл і допоміжних конструкцій. Такий підхід запобігає виникненню небезпечної різниці потенціалів під час протікання струму блискавки та знижує ймовірність ураження людей електричним струмом [2].

Експлуатація мобільних електроустановок повинна здійснюватися з обов'язковим контролем опору заземлювальних пристроїв, що забезпечує відповідність нормативним значенням і гарантує ефективність захисних заходів [2]. Регулярна перевірка стану з'єднань, контактів і провідників дозволяє своєчасно виявляти дефекти, які можуть знижувати надійність системи захисту.

Для мінімізації впливу електромагнітного імпульсу блискавки (LEMP) на електронне обладнання та системи зв'язку застосовується концепція зонування блискавкозахисту (LPZ), визначена ДСТУ EN 62305-4:2012 [3]. Відповідно до цієї концепції простір поділяється на зони з різним рівнем електромагнітного впливу, а на межах зон встановлюються пристрої захисту від імпульсних перенапруг на лініях живлення та передавання даних [3]. Такі пристрої забезпечують обмеження амплітуди імпульсної напруги до безпечних для обладнання значень і запобігають виходу з ладу засобів зв'язку, обчислювальної техніки та автоматизованих систем управління [3].

Отже, забезпечення електробезпеки та блискавкостійкості мобільної інфраструктури підрозділів ДСНС є ключовою умовою збереження життя особового складу та безперервної роботи обладнання в зоні надзвичайної ситуації. Основними небезпечними чинниками грозової активності визначено прямий удар блискавки, LEMP, наведені перенапруги, а також крокову напругу і напругу дотику, що потребує багаторівневого захисту відповідно до стандартів ДСТУ EN 62305. Обґрунтовано необхідність ризик-орієнтованого підходу з попередньою ідентифікацією небезпек та визначенням рівня блискавкозахисту мобільних об'єктів. Ефективність системи досягається поєднанням організаційних заходів і технічних рішень, зокрема створенням єдиного контуру заземлення, системи зрівнювання потенціалів і застосуванням пристроїв захисту від імпульсних перенапруг із реалізацією концепції LPZ. Комплексна реалізація зазначених заходів мінімізує ризики ураження персоналу та забезпечує надійність функціонування мобільної інфраструктури ДСНС у складних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT): ДСТУ EN 62305-2:2012. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29301.
2. 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). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96752.
3. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT): ДСТУ EN 62305- 4:2012. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=29303.

УДК 614.841.415

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ПЕРЕРІЗІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ ПРИ СТАНДАРТНОМУ ВОГНЕВОМУ ВПЛИВІ

***Вадим ЯНІШЕВСЬКИЙ**, ад'юнкт,*
***Аліна ПЕРЕГІН**, PhD*
Національний університет цивільного захисту України

У роботі наведено результати експериментального дослідження температурно-часових залежностей при стандартному температурному режимі пожежі у перерізі фрагмента залізобетонної колони. Випробування виконано у малогабаритній вогневій печі без прикладення механічного навантаження. Визначено максимальні температури у характерних точках конструкції та проведено статистичну верифікацію результатів. Отримані дані можуть бути використані для розрахункового визначення межі вогнестійкості колон та уточнення чисельних моделей теплопереносу.

Ключовим завданням забезпечення пожежної безпеки будівель і споруд є оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій. Залізобетонні колони виконують функцію основних несучих елементів каркасних будівель, тому їх руйнування під час пожежі може спричинити прогресуюче обвалення всієї конструкції.

Під впливом високих температур у арматурі та бетоні відбуваються складні фізико-механічні процеси: зниження міцності бетону; втрата пружних властивостей сталі; утворення тріщин; формування температурних градієнтів у перерізі.

Більшість сучасних методик оцінювання вогнестійкості ґрунтуються на розрахункових моделях відповідно до стандарту [1]. Однак без експериментальної перевірки достовірність таких моделей залишається обмеженою. Тому проведення лабораторних вогневих випробувань або натурних є необхідною умовою уточнення розрахункових підходів.

Метою роботи є встановлення температурно-часових залежностей у характерних точках перерізу фрагмента залізобетонної колони при стандартному температурному режимі пожежі.

Об'єктом дослідження виступав процес нагрівання фрагмента залізобетонної колони квадратного перерізу розмірами 200×200 мм та висотою 1000 мм.

Основні характеристики зразків: бетон класу С40/45 (В40); захисний шар бетону – 30 мм; робоча арматура класу А500С; випробування без прикладення механічного навантаження.

На (рис. 1) відображено схему армування фрагменту для проведення випробування.

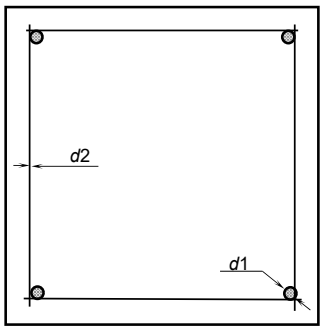


Рисунок 1 – Схема армування фрагменту для проведення випробування, де: d_1 – робоча арматура більшого діаметру, d_2 – робоча арматура меншого діаметру

Випробування проводилися у малогабаритній вогневій печі за стандартною температурною кривою пожежі згідно з [2]. Температура у камері печі досягала: 720°С – на 20-й хвилині; 930 – 945°С – на 60-й хвилині.

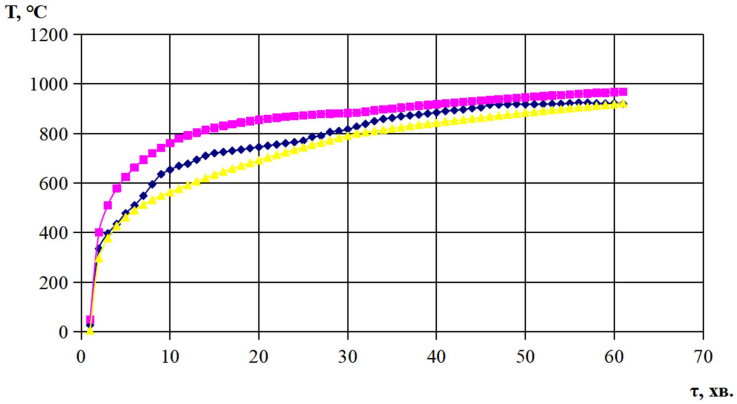


Рисунок 2 – Лінійна швидкість нагрівання камери печі під час нагрівання фрагменту залізобетонної колони: T_{min}, T_{max} – граничні межі випробувань за стандартним температурним режимом пожежі; $T_{кс}$ – середній показник термопар у ході вогневих випробувань у камері вогневої печі

У перерізі колони було встановлено 6 термопар для фіксації температур: у центрі перерізу; у куті; на середині грані; дві – на рівні арматури; одна – у контрольній точці напівдіагоналі.

Аналіз температурно-часових залежностей показав закономірне формування температурних градієнтів у бетонному перерізі.

Максимальні температури становили: 528°С – у точках, наближених до поверхні; 513°С – у куті колони; 506°С – на рівні арматури; 468 – 487°С – у центрі перерізу; 480 – 487°С – у контрольній точці.

Встановлено, що найвищі температури спостерігаються у поверхневих шарах через радіаційно-конвективний теплообмін; арматура

досягає критичного інтервалу температур 500 – 520°С; у центрі перерізу температури є нижчими через теплову інерційність бетону; нагрівання має симетричний характер без локальних перегрівів.

Для перевірки достовірності результатів застосовано: F-критерій Фішера; t-критерій Стьюдента; Q-критерій Кохрена.

Встановлено, що: відносне відхилення не перевищує 6,7%; розраховані значення критеріїв не перевищують критичних. Це підтверджує статистичну узгодженість отриманих температурно-часових залежностей та відтворюваність.

Отже, малогабаритна вогнева піч забезпечує відтворюваний стандартний температурний режим пожежі, а у перерізі колони формуються закономірні температурні градієнти. Отримані експериментальні дані є статистично достовірними. Результати можуть бути використані для калібрування чисельних моделей теплопереносу та розрахункового визначення межі вогнестійкості залізобетонних колон.

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 1992-1-2 (Eurocode 2) – Design of concrete structures – Part 1-2: Structural fire design.
2. EN 13501-2:2016. Fire classification of construction products and building elements – Part 2: Classification using data from fire resistance tests. European Committee for Standardization (CEN), Brussels.

УДК 331.453

ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ВИСОТІ В ЧАСТКОВО ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЛЯХ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

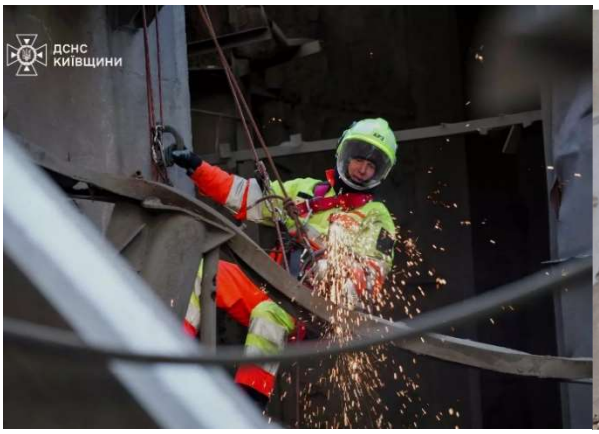
***Дмитро БЕЛЮЧЕНКО**, канд. техн. наук.,*
***Єгор ЧЕРЕДНИК**, курсант навчально-наукового інституту цивільного захисту,*
***Ярослав ІВАНЕНКО**, курсант навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Національний університет цивільного захисту України

З початку військових дій в Україні у 2022 році суттєво зросла потреба у проведенні аварійно-рятувальних робіт на висоті з використанням спеціалізованого верхолазного спорядженні для особового складу підрозділів оперативно-рятувальних служб. Масові руйнування житлових будівель та споруд, промислових об’єктів, потреба в евакуації

людей з верхніх поверхів та важкодоступних місць, демонтажу нестійких пошкоджених будівельних конструкцій, а також участь рятувальників у роботах на прифронтових територіях створили нові виклики для особового складу, який долучається до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Проведений аналіз висотно-рятувальних робіт в Україні показує, що цей напрям рятувальної діяльності активно розвивається, але ще має чимало викликів у порівнянні з більш систематизованими моделями, як, наприклад, у США чи у провідних країнах ЄС. Але треба зауважити, що жодна рятувальна служба у світи не стикалася з такими труднощами та умовами можливого повторного вогневого ураження на місці проведення аварійно-рятувальних робіт на висоті. Українські рятувальники та рятувальники-верхолази демонструють високу ефективність, адаптивність і самовідданість, навіть за обмежених ресурсів спеціального оснащення та обладнання та небезпечних складних умов проведення висотно-рятувальних робіт.

Основні підрозділи ДСНС України що відповідають за проведення рятувальних операцій, зокрема й на висоті є: аварійно-рятувальні загони спеціального призначення – мають у своєму складі підготовлених рятувальників з висотно-рятувальної підготовки та мобільні рятувальні центри ДСНС України, які мають спеціальні групи з рятувальників-верхолазів готових до проведення аварійно-рятувальних операцій на висоті, як в опорному просторі так і безопорному з використанням спеціального оснащення та страхувальних засобів та спеціального аварійно-рятувального інструменту допоміжного обладнання та оснащення.

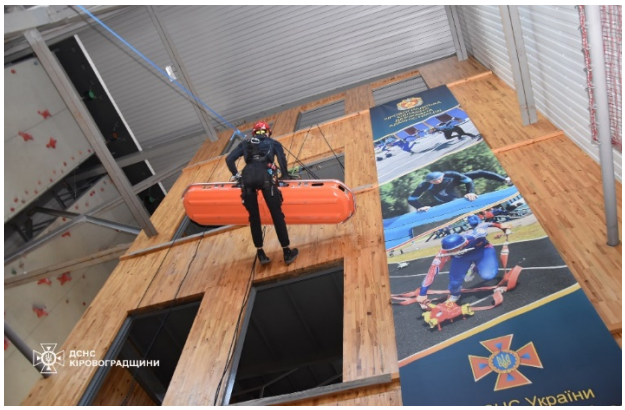




В Україні, як і в інших провідних країнах світу, постійно актуальним залишається питання підвищення ефективності рятувальних робіт на висоті. При цьому нормативні вимоги до підготовки особового складу рятувальних груп, які буде виконувати такі операції, чітко визначені лише для індивідуальних занять [1], як-от спуск, підйом рятувальника, одягання

страхувальних систем і в'язання спеціальних вузлів. У роботах [2,3] робилися спроби конкретизувати ці вимоги, але вони стосувалися здебільшого рятувальників-висотників базового рівня підготовки. Зокрема, ними розглядалося рятування постраждалого без свідомості за допомогою використання нош рятувальних з використанням верхолазного оснащення.

Контрольні вправи виконували здобувачі вищої освіти Національного університету цивільного захисту України з початковим рівнем висотної підготовки, які навчалися на третьому курсі та вивчають освітній компонент висотно-рятувальна підготовка. Також у випробуваннях брали участь рятувальники- верхолази, які отримали базовий рівень підготовки як рятувальник-верхолаз або верхолаз 6 розряду. Рятувальна операція для постраждалого з висоти може здійснюватися як повним складом групи рятувальників-верхолазів з 5 осіб, так і скороченим складом з 4 осіб. Порятунок потерпілого з висоти можливо проводити за двома способами: «активний» або «пасивний».

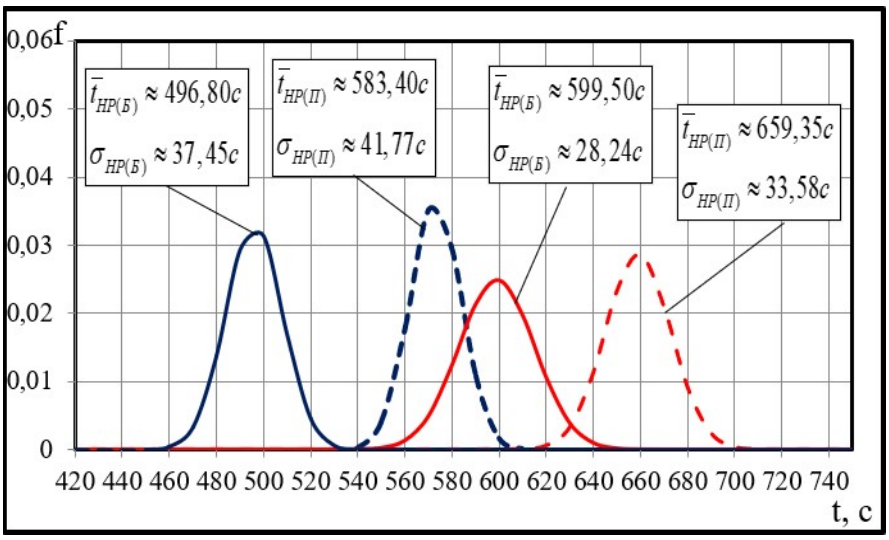




При активному способі рятувальник-верхолаз спускається разом з постраждалим, контролюючи весь процес руху. Пасивний спосіб передбачає спуск лише постраждалого, без супроводу рятувальника-верхолаза; його рух контролює група рятувальників-верхолазів як на вихідному етапі, так і в точці прийому постраждалого. Активний спосіб вважається більш надійним, швидшим та безпечним, однак потребує більшої кількості рятувальників.

Були отримані результати експериментальних розподілів за кожним із розглянутих варіантів контрольної вправи, які відповідають нормальному закону оскільки у всіх випадках W (ВРР) > Wтабл=0,905, що їх розподіли з рівнем значимості α=0,05 можна вважати нормальними. Розподіл часу виконання висотно-рятувальних робіт (ВРР1) з використанням нош рятувальних в залежності від кількості складу рятувальної групи (синій колір – повний склад відділення, червоний – неповний склад відділення) та рівня підготовленості рятувальників-

верхолазів (суцільна лінія – базовий рівень підготовки, пунктирна – початковий рівень підготовки).



Таким чином, залишається невідомо, чи потребують доопрацювання існуючі рекомендації щодо виконання вправ із порятунку людей з висоти в складі відділення, з використанням як колективного, так і індивідуального спеціального обладнання та страхувальних засобів, особливо в умовах в зруйнованих будівлях внаслідок бойових дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МВС України від 15 червня 2017 року № 511 “Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту” (Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства внутрішніх справ № 480 від 12.06.2023 Додаток 4).
2. 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
3. Белюченко Д.Ю., Амлин Б.В. Особливості підготовки рятувальників-верхолазів до проведення висотно-рятувальних робіт // Problems of Emergency Situations: зб. Міжнародна науково-практична конференція 14 травня 2025 м. Черкаси: НУЦЗУ, 2025. С. 216-217.

УДК 614.841

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ НОРМАТИВНОГО ЧАСУ ВИКОНАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ВПРАВИ «ЗАКРІПЛЕННЯ РЯТУВАЛЬНОЇ МОТУЗКИ ЗА КОНСТРУКЦІЮ»

***Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,*
***Дмитро СМОЛЯК**, д-р філософії,*
***Ігор ПОЛІЩУК**, ад'юнкт*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Особовий склад Державної служби України з надзвичайних ситуацій, включно з закладами освіти із специфічними умовами навчання ДСНС України на постійній основі проходять навчання та підвищують свою професій майстерність у різних напрямках своєї діяльності. Одним з основних шляхів досягнення успіху у професійному розвитку є службова підготовка, яка являє собою систему заходів, що спрямовані на набуття, оновлення, закріплення професійних теоретичних і практичних знань, умінь та навичок, з метою успішного та ефективного виконання завдань за призначенням з урахуванням специфіки і профілю службової діяльності та є обов'язковою для особового складу органів та підрозділів цивільного захисту [1].

Відповідно до аналітичної довідки про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2025 року в Україні зареєстровано 99 298 пожеж. Порівняно з 2024 роком кількість пожеж зменшилася на 5,6 %, це пояснюється зменшенням кількості пожеж на відкритих територіях та у будинках і спорудах житлового призначення. Внаслідок пожеж загинуло 1 725 людей, у тому числі – 52 дитини, 2129 людей отримали травми, з них 158 дітей [2].

Враховуючи статистичні дані та значну кількість залучень особового складу ДСНС України до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, потреба яких виникає внаслідок збройного нападу противника, успіх виконання завдань безпосередньо залежить від якісної підготовки особового складу. Значна частина аварійно-рятувальних робіт здійснюється з використанням рятувальних мотузок, особливо при роботах на висоті [3, 4].

Основою професійної роботи з рятувальними мотузками є якісне в'язання вузлів та закріплення рятувальної мотузки за конструкцію. Одним з найбільш вживаних способів закріплення рятувальної мотузки за конструкцію для пожежно-рятувальних підрозділів є норматив: «Закріплення рятувальної мотузки за конструкцію», який може здійснюватися 4-ма способами [1]. Протягом року в межах службової підготовки особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів складає

заліки з виконання навчальних вправ. Одним з основних нормативів є «закріплення рятувальної мотузки за конструкцію», часові показники якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Нормативи виконання навчальної вправи «закріплення рятувальної мотузки за конструкцію» для підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів (частин)

№ з/п	Назва навчальної вправи	Розрахунок для виконання навчальної вправи	Оцінка виконання навчальної вправи			Умови виконання навчальної вправи
			від-мінно	доб-ре	задо-вільно	
Навчальні вправи з рятувальною мотузкою						
1	Закріплення рятувальної мотузки за конструкцію	Пожежний-рятувальник	3 с	4 с	5 с	Пожежний-рятувальник, одягнений у захисний одяг пожежника та спорядження, знаходиться в 1 м від конструкції. Рятувальна мотузка розмотана, кінець мотузки довжиною 50 см знаходиться в руці пожежного-рятувальника. Початок: подано команду «Рятувальну мотузку за конструкцію закріпити». Закінчення: рятувальна мотузка закріплена за конструкцію, вузол надійно зав’язаний.

Примітка. Нормативний час збільшується на 1 с під час виконання навчальної вправи пожежним-рятувальником з включенням у засіб індивідуального захисту органів дихання (далі – ЗІЗОД)

Відповідно до чинних вимог [1], на виконання цієї вправи особовому складу пожежно-рятувальних підрозділів відводиться максимум 5 секунд, що є вочевидь недостатнім часом. До того ж документ не передбачає диференціації нормативу на літній та зимовий періоди. Варто зазначити, що ці ж самі норми встановлюють сезонний поділ для іншої вправи – «в’язання вузлів», яку виконують рятувальники-верхолази та гірські рятувальники. Для них нормативний час узимку подовжується на 5 секунд, тобто збільшується на 16 % від загального ліміту часу (див. табл. 2).

Аналіз положень «Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту» виявляє нелогічність підходу до встановлення часових нормативів [5]. Як особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів, так і рятувальники-верхолази та гірські рятувальники використовують однотипні рятувальні мотузки [6]. Відповідно, в умовах зимового періоду (за температури нижче 5 °С) їхні

фізичні властивості змінюються однаково: матеріали твердішають і втрачають гнучкість.

Таблиця 2 – Нормативи виконання навчальної вправи «в'язання вузлів» для рятувальників-верхолазів, верхолазів та рятувальників гірських [1]

<table>
<tr><th rowspan="2">№ з/п</th><th rowspan="2">Назва навчальної вправи</th><th rowspan="2">Розрахунок для виконання навчальної вправи</th><th colspan="3">Оцінка виконання навчальної вправи</th><th rowspan="2">Умови виконання навчальної вправи</th></tr>
<tr><th>від-мінно</th><th>доб-ре</th><th>задо-вільно</th></tr>
<tr><td colspan="7">Навчальні вправи з рятувальною мотузкою</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1</td><td rowspan="4">В'язання вузлів</td><td rowspan="4">Рятувальник</td><td colspan="3">Літній період</td><td rowspan="4">Рятувальник, вдягнутий в ІСС та спорядження, знаходиться біля конструкції.
Основна мотузка довжиною від 40 м збухтована та приєднана до ІСС за допомогою карабіна.
Початок: подано команду «Мотузку за конструкцію (вказується місце кріплення) закріпити».
Закінчення: мотузка закріплена за конструкцію, вузол надійно зав'язаний.</td></tr>
<tr><td>30 с</td><td>35 с</td><td>40 с</td></tr>
<tr><td colspan="3">Зимовий період</td></tr>
<tr><td>35 с</td><td>40 с</td><td>45 с</td></tr>
</table>

Тому обґрунтування значення нормативного часу виконання навчальної вправи «закріплення рятувальної мотузки за конструкцію» в залежності від рівня підготовки особового складу та температури навколишнього середовища (зимовий/літній період) є актуальним завданням. Подальші дослідження залежності часу виконання вищезазначеної навчальної вправи буде проведено шляхом практичного відпрацювання із залученням курсантів, студентів та слухачів спеціальності «Пожежна безпека» Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Обов'язковим буде визначення впливу температури навколишнього середовища (зимовий/літній період) на час виконання вправи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Порядку організації службової підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту: наказ МВС України від 15.06.2017р. №511. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-17#Text (дата звернення: 01.03.2026).
2. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2025 року. URL: https://dsns.gov.ua/upload/2/5/5/1/7/8/2/analiticna-dovidka-pro-pozezi-2025.pdf (дата звернення: 01.03.2026).

3. Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В., Баран Ю.С., Павук І.В., Дуленко Д.І. Способи проведення рятувальних робіт при порятунку потерпілого, який завис на висоті. *Вісник ЛДУБЖД*. 2021. № 24. С. 66–73. DOI: 10.32447/20784643.24.2021.08.
4. Веселівський Р.Б., Клим'юк М.М, Панчишин Ю.І., Смоляк Д.В. Вдосконалення способу змотування мотузки пожежної рятувальної в клубок. *Пожежна безпека*. 2023. № 42. С. 23–31. DOI: 10.32447/20786662.42.2023.03.
5. Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В., Поліщук І.М., Петренко А. А. Дослідження ефективності способів закріплення рятувальної мотузки за конструкцію. *Пожежна безпека*. 2025. № 46. С. 20–29. DOI: 10.32447/20786662.46.2025.02.
6. Про затвердження Норм табельної належності, витрат і термінів експлуатації пожежно-рятувального, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, індивідуального озброєння та спорядження, ремонтно-експлуатаційних матеріалів підрозділів ДСНС України: наказ ДСНС України від 29.05.2013 р. № 358. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0358388-13#n12 (дата звернення : 02.03.2026)

УДК 614.8

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРСОНАЛУ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЗАГРОЗИ ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ ВІЙСЬКОВОГО ПОХОДЖЕННЯ

***Євгеній ШКОЛЯР**, канд. психологічних наук,*
***Роман МОТРІЧУК**, д-р філософії,*
***Сергій ХРЯПАК**, канд. філологічних наук*
Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси

Вступ. В умовах повномасштабної збройної агресії проти України питання забезпечення стійкості об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) набуло стратегічного значення. Особливу групу ризику становлять підприємства хімічної, енергетичної та переробної промисловості, де руйнування технологічних ліній внаслідок застосування засобів повітряного нападу може призвести до масштабних техногенних катастроф. За таких умов збереження життя та працездатності персоналу, який забезпечує функціонування об'єкта, залежить від ефективності систем життєзабезпечення (СЖЗ) у захисних спорудах та безпосередньо на робочих місцях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання планування цивільного захисту на особливий період регламентуються Наказом ДСНС України № 302 від 19.03.2024, який визначає методичні рекомендації щодо розроблення відповідних планів суб'єктами господарювання. Проте динаміка сучасних бойових дій вимагає уточнення алгоритмів оцінки стійкості СЖЗ з урахуванням комбінованих факторів ураження: механічного руйнування, термічного впливу та хімічного зараження.

Основна частина. Стійкість систем життєзабезпечення персоналу ОКІ визначається як здатність системи зберігати свої функціональні параметри в межах норми протягом заданого часу в умовах впливу дестабілізуючих факторів військового характеру. До основних компонентів СЖЗ, що підлягають оцінці, належать:

1. Системи повітрозабезпечення: включають фільтровентиляційне обладнання, здатне очищувати повітря від продуктів горіння та небезпечних хімічних речовин (НХР), що виділяються при пошкодженні ємностей.

2. Енергозабезпечення: автономні джерела живлення, що гарантують роботу систем зв'язку, освітлення та медичного обладнання в укриттях.

3. Водопостачання та водовідведення: наявність захищених резервуарів та систем очищення води.

Оцінка стійкості проводиться за детерміновано-імовірнісним підходом. Коефіцієнт стійкості Ks розраховується як добуток індексів надійності кожного вузла. Особлива увага приділяється «вузьким місцям» – точкам перетину комунікацій, які найбільш вразливі до сейсмічного впливу при вибухах.

В умовах воєнного стану алгоритм оцінки включає прогнозування вторинних факторів ураження. Наприклад, при ракетному ударі по нафтопереробному заводу, окрім прямого руйнування, виникає ризик утворення токсичної хмари, що вимагає від СЖЗ негайного переходу в режим повної ізоляції (режим III фільтровентиляції).

Особливістю оцінки стійкості СЖЗ у воєнний період є необхідність врахування кумулятивного ефекту від пошкоджень. Методика, що пропонується для впровадження на ОКІ, базується на розрахунку імовірності безвідмовної роботи системи за формулою:

$$P_s(t) = \prod_{i=1}^{n} p_i(t) \cdot k_{ext}$$

$p_i(t)$ – надійність окремого технологічного вузла (насоса, фільтра, дизель-генератора);

k_{ext} – коефіцієнт зовнішнього впливу, що визначається інтенсивністю та типом можливого засобу ураження (від уламкових пошкоджень до фугасного впливу).

Інженерно-технічні заходи зміцнення стійкості. Для забезпечення живучості СЖЗ персоналу в умовах загрози техногенних аварій, спричинених обстрілами, пріоритетними є наступні технічні рішення:

1. Створення дублюючих контурів управління: Впровадження автоматизованих систем дистанційного моніторингу стану повітряного середовища та тиску в мережах водопостачання з виводом даних у захищене приміщення (пункт управління).

2. Захист забірних пристроїв: Обладнання повітрозабірних шахт захисними секціями (противибуховими пристроями) типу МЗС або УЗС, що здатні витримувати тиск ударної хвилі та запобігати її проникненню всередину споруди.

3. Модернізація фільтровентиляційних систем: Обов'язкове включення до складу систем фільтрів-поглиначів типу ФП-300, здатних очищувати повітря від небезпечних хімічних речовин (хлору, аміаку), витік яких є ймовірним при пошкодженні ємностей на суміжних ділянках виробництва.

Алгоритмізація дій персоналу відповідно до Наказу ДСНС № 302. Згідно з методичними рекомендаціями, розроблення планів цивільного захисту на особливий період має включати чіткий розрахунок часу переведення СЖЗ у захищений режим. Для персоналу ОКІ цей час не повинен перевищувати 5-7 хвилин з моменту оголошення сигналу «Повітряна тривога» або «Хімічна небезпека».

Важливим аспектом є забезпечення «автономного виживання» персоналу протягом щонайменше 48 годин. Це вимагає створення запасів технічної та питної води в обсягах, що перевищують мирні норми, з урахуванням потреби в дезактивації та дегазації одягу при виході із зони зараження.

Висновки. Проведена оцінка стійкості систем життєзабезпечення персоналу дозволяє стверджувати, що існуючі проєктні рішення на більшості об’єктів потребують доопрацювання з урахуванням ризиків сучасної війни. Інтеграція сучасних засобів автоматизації та посилення автономності вузлів СЖЗ дозволить знизити рівень виробничого травматизму та смертності серед персоналу ОКІ на 30-40% навіть за умови прямого впливу засобів ураження на промислові зони.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці математичних моделей швидкого прогнозування зон хімічного зараження всередині виробничих цехів при їх частковому руйнуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення планів цивільного захисту на особливий період суб'єктами господарювання: Наказ ДСНС України № 302 від 19.03.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/v0302388-24.
2. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану: навчальний посібник / за заг. ред. М. Коваля. Львів: ЛДУБЖ, 2023. 350 с.
3. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посібник / В. В. Олійник та ін. Харків: НУЦЗ України, 2023. 259 с.
4. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI (зі змінами та доповненнями).

УДК 614.8

УПРАВЛІННЯ ТЕХНОГЕННИМИ РИЗИКАМИ В ПРОЦЕСІ УТИЛІЗАЦІЇ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ

***Євгеній ШКОЛЯР**, канд. психологічних наук,*
***Роман МОТРІЧУК**, д-р філософії,*
Іван ІЩЕНКО
Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси

Свинцево-кислотні акумулятори (СКА) продовжують відігравати ключову роль у сучасному промисловому комплексі. Згідно зі статистичними даними, понад 60% світового видобутку свинцю спрямовується на виробництво хімічних джерел струму цього типу, що позиціонує акумуляторну галузь як домінуючого споживача даного металу. В Україні частка свинцю, залученого до виготовлення СКА, становить близько 50% від загального обсягу споживання. Основні сфери застосування охоплюють транспортний сектор, дорожньо-будівельну техніку та інші види спеціалізованих самохідних машин. Стабільно висхідний тренд попиту на свинцеву сировину детермінований інтенсивним розвитком інфраструктури електротранспорту, мобільних технологій та автономних систем резервного енергозабезпечення.

В умовах перманентного зростання обсягів споживання свинцю Україна постає перед стратегічним викликом – критичною нестачею власної сировинної бази. З огляду на те, що основні промислові родовища свинцевих руд локалізовані за межами держави, а потужності з первинної металургійної переробки концентратів фактично відсутні, пріоритетного значення набуває рециклінг вторинної сировини. Технологічна переробка відпрацьованого акумуляторного брухту є не лише ефективним механізмом часткового нівелювання дефіциту кольорових металів, але й необхідним інструментом мінімізації екологічних ризиків, зумовлених акумуляцією високотоксичних відходів.

Наявний виробничий потенціал вітчизняних підприємств дозволяє щорічно утилізувати понад 250 тис. тонн вторинної свинцевмісної сировини. Водночас фактичний рівень завантаженості цих потужностей не перевищує 30%, що забезпечує покриття лише близько 20% внутрішнього попиту держави на свинець. Виявлений дисбаланс між наявною інфраструктурою та реальними обсягами рециклінгу актуалізує потребу в комплексній оптимізації організаційно-технологічних процесів. Це вимагає вдосконалення систем збору, модернізації логістичних ланцюгів та

активізації технологічної переробки свинцевмісних відходів на державному рівні.

В умовах, що склалися, найбільш раціональним шляхом забезпечення потреб вітчизняного промислового комплексу у свинці, який задовольняє як економічні, так і екологічні критерії, є розбудова високоефективної системи виробництва вторинного свинцю. Цей напрям базується на комплексній переробці акумуляторного брухту та інших відпрацьованих свинцевмісних матеріалів, що накопичуються в межах держави. Реалізація такого підходу забезпечує не лише зниження імпортозалежності, але й формування замкненого циклу ресурсовикористання, що повністю корелює з концепціями сталого розвитку та забезпечення техногенної безпеки [1].

У цьому контексті технологічний процес утилізації свинцево-кислотних акумуляторних батарей на спеціалізованих підприємствах постає як складне багатостадійне виробництво з високим рівнем потенційних техногенних ризиків, яке водночас має стратегічне значення для національної економіки. Оскільки досягнення абсолютної безпеки на промислових об’єктах, пов'язаних з обігом токсичних та вибухонебезпечних речовин, є об'єктивно неможливим, сучасна інженерна практика спирається на парадигму прийнятного ризику. Відповідно, безпечна експлуатація таких потужностей вимагає системного аналізу небезпек, впровадження новітніх технологій очищення та управління ризиками на основі їх імовірнісного оцінювання і подальшої оптимізації захисних заходів.

Базовим етапом у системі управління промисловою безпекою є ідентифікація небезпек, що передбачає виявлення джерел потенційних загроз, умов їх виникнення та детальне моделювання сценаріїв реалізації аварійних ситуацій. У межах процесу утилізації відпрацьованих акумуляторних батарей ключовими детермінантами небезпеки виступають свинцевмісна сировина, розчини сірчаної кислоти, високотемпературне технологічне обладнання, газоподібні продукти піролізу, а також супутні механічні операції (дроблення, транспортування, проміжне зберігання). Ідентифіковані фактори ризику підлягають системній класифікації за природою походження (хімічні, фізичні, механічні), інтенсивністю емісії (постійні, залпові, кумулятивні), масштабом поширення (локальні, регіональні, транскордонні) та середовищем акумуляції (атмосфера, гідросфера, літосфера) [2].

Технологічний цикл утилізації свинцево-кислотних акумуляторних батарей (АКБ) становить комплексну послідовність виробничих операцій, що охоплює приймання та складування вихідної сировини, її попередню підготовку, плавку в шахтних і барабанних агрегатах, рафінування,

легування, розлив металу в чушки, а також подальше охолодження та технічний контроль якості готової продукції. Кожен етап виробництва супроводжується імовірністю виникнення аварійних ситуацій, просторово-часовий розвиток яких класифікується за трьома фазами: локальною (у межах окремого технологічного апарата), цеховою (із залученням виробничого персоналу) та об’єктовою (з поширенням уражальних факторів поза межі промислового майданчика). Типовими сценаріями аварій, що становлять підвищену загрозу для здоров’я працівників та стану довкілля, є розлив електроліту під час механічного дроблення АКБ, дефлаграційне горіння або вибух у плавильних печах внаслідок кумуляції горючих газів, а також займання у місцях зберігання коксової складової шихти [4].

З метою визначення пріоритетності впровадження превентивних захисних заходів застосовується методологія кількісної оцінки ризиків. Цей підхід ґрунтується на обчисленні математичного добутку ймовірності реалізації ідентифікованої небезпеки та масштабу очікуваних збитків. Зокрема, ризик неконтрольованої емісії свинцю в атмосферне повітря класифікується як високий, що детерміновано його значною токсичністю та вираженою здатністю до біоакумуляції. Аналогічно високим визнається ризик розливу сірчаної кислоти з огляду на хімічну агресивність реагенту та високу ймовірність ураження обслуговчого персоналу. Натомість імовірність виникнення пожежі на складах коксу або вибуху в плавильному агрегаті відноситься до категорії середнього ризику, проте вимагає забезпечення безперервного апаратного та візуального контролю.

Мінімізація техногенних ризиків на виробництві досягається шляхом імплементації комплексу інженерно-технічних та організаційно-управлінських рішень. До системи технічних заходів належать застосування рукавних фільтрів тонкого очищення, використання камер термічного знешкодження (допалювання) відхідних газів, облаштування систем гідропилопригнічення (душирування), нанесення кислототривких покриттів на виробничі площі, а також функціонування локальних станцій нейтралізації промислових стоків. Організаційний компонент безпеки забезпечується діяльністю експрес-лабораторій, систематичним підвищенням кваліфікації персоналу, суворим регламентом вхідного контролю сировини, неухильним дотриманням технологічних карт та обов'язковим застосуванням засобів індивідуального захисту. Інтегрована дія зазначених заходів спрямована на досягнення повної відповідності вимогам нормативної документації, зокрема ДСТУ 3273-95, і забезпечення належного санітарно-гігієнічного та протипожежного стану об'єкта [3].

Важливим аспектом функціонування підприємства є його екологічний вплив. Емісія забруднювальних речовин у довкілля

відбувається через 13 організованих джерел викидів та неорганізовано – через аераційні ліхтарі виробничих корпусів. У складі полютантів домінують аерозолі свинцю, оксиди сірки та азоту, сполуки водню, а також леткі органічні речовини. Відповідно до нормативних розрахунків, об'єкти такого профілю класифікуються як підприємства третього класу небезпеки. З метою зниження антропогенного навантаження проєктними рішеннями передбачено експлуатацію високоефективних пилогазоочисних установок, систем припливно-витяжної вентиляції, а також регулярне проведення вологого прибирання та технологічне зволоження сировинних компонентів і шихти.

Підсумовуючи вищезазначене, слід констатувати, що технологічний цикл утилізації акумуляторних батарей репрезентує собою складну промислову систему зі значним потенціалом техногенної небезпеки. Однак, за умови інтеграції інноваційного обладнання, автоматизованих систем моніторингу, високоефективних засобів очищення та реалізації організаційних заходів, наявні ризики можуть бути редуковані до соціально та екологічно прийнятного рівня. Відповідно, комплексна оцінка параметрів небезпеки, яка акумулює ідентифікацію джерел загроз, моделювання сценаріїв аварій, кількісне оцінювання ризиків та впровадження адекватних захисних бар'єрів, виступає фундаментальною передумовою безпечної експлуатації рециклінгових підприємств цього типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Апостолюк, С. О., Джигирей, В. С., & Соколовський, І. А. (2012). *Промислова екологія: навчальний посібник*. Знання. – 430 с.
2. Стоєцький, В. Ф., Дранішніков, Л. В., Жартовський, В. М., & Найверт, О. В. (2006). *Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки* (с. 100–117, 181–184). Видавництво Астон.
3. ДСТУ 3273-95. (1995). *Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги*. Держстандарт України.
4. Combustion processes of aluminum powder in pyrotechnic mixtures / A. Belikov, R. Motrichuk, M. Tomenko, V. Dyven, Ie. Shkoliar et al. // Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація». – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2024. – Т. 8, № 1. – С. 122 – 130.

УДК 614.841

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ТОРФОБРИКЕТНОГО ВИРОБНИЦТВА

***Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,*
***Ігор КОЗИРА**, ад'юнкт,*
***Віталій ПЕТРОВСЬКИЙ**, науковий співробітник*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Видобуток і переробка торфу залишаються важливою галуззю промисловості як в Україні, так і у світі. З огляду на наявні глобальні поклади [1, 2], подальший розвиток цього сектору є перспективним та економічно доцільним, особливо для держав із великими запасами цієї сировини. Зокрема, за даними джерела [3], загальна площа торфовищ на планеті сягає 500 мільйонів гектарів.

В Україні обліковується 682 родовища торфу, запасів якого, повинно вистачити на 50 років при планових обсягах виробництва. Ефективним використанням торфу є вироблення торфобрикетів, які використовуються для опалення будівель та споруд різного призначення, що є особливо актуальним сьогодні, коли підприємства нафто-газової промисловості знищуються внаслідок воєнних дій росії проти нашої держави. На даний час на території України функціонує 6 торфобрикетних заводів, що забезпечують паливом житлові приміщення, лікарні, комунальні підприємства тощо [4].

Зважаючи на технологічну специфіку виготовлення торфобрикетів та фізико-хімічні властивості самого торфу, цей процес відзначається високим рівнем пожежної небезпеки. Наочним підтвердженням вразливості таких об'єктів є пожежа, що сталася у 2023 році в галереї подачі первинної сировини ТзОВ «Лопатинський торфобрикетний завод». Наслідки спричинених руйнувань представлено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Наслідки пожежі в галереї подачі первинної сировини на підприємстві з виробництва брикетів торфу

На даний час в Україні діє 2 основних документи, що регламентують вимоги пожежної безпеки для підприємств торфобрикетного виробництва. Перший це НАПБ В.01.017-80/116 Правила пожежної безпеки для підприємств торф`яної промисловості (ППБО-135-80) [5], а другий – НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні [6]. Варто зауважити, що нормативні вимоги, наведені у джерелі [5], були затверджені ще у 1980-х роках. Відповідно, вони об'єктивно не відповідають сучасним підходам до організації виробництва торфобрикетів. Крім того, на рівень пожежної безпеки таких підприємств під час їхньої експлуатації негативно впливає низка чинників: моральне та фізичне зношення технологічного обладнання й торфових машин, а також неактуальність чинної галузевої нормативно-технічної бази [7]. Часті поломки основного технологічного обладнання (пресувальних машин, сушарок і котлів) призводять до збоїв у виробничому процесі. Це проявляється у нерівномірному пресуванні, підвищеній вологості готових брикетів та збільшенні частки бракованої продукції. З огляду на це, торфобрикетні підприємства потребують комплексної модернізації для забезпечення їхньої відповідності сучасним стандартам екологічності та промислової безпеки.

Скорочення з 37-и до 6-и торфобрикетних заводів з 1991 року [8] також свідчить про існуючу проблему щодо організації належного та безпечного виробництва.

Хоча норми [6] встановлюють чіткі вимоги до видобутку, складування та зберігання торфу, вони не містять необхідної інформації щодо пожежо- та вибухобезпечних режимів роботи підприємств із виробництва торфобрикетів.

Враховуючи пожежо- та вибухонебезпечні властивості торфу розкриття особливостей виробничих процесів торфобрикетних підприємств є актуальним завданням.

Варто зауважити, що процес виготовлення торфобрикетів передбачає обов'язкову технологічну обробку первинної сировини, яка надходить на підприємство, задля отримання якісної готової продукції [9].

Підприємства торфобрикетного виробництва функціонують за типовою технологічною схемою, що представлена на рисунку 2.

Аналіз чинних нормативних документів України свідчить про їхню невідповідність сучасним підходам до організації торфобрикетного виробництва. Хоча правила пожежної безпеки встановлюють вимоги до видобутку, складування та зберігання сировини, вони не містять вичерпної інформації щодо забезпечення пожежо- та вибухобезпеки безпосередньо на заводах. Зокрема, бракує чітких рекомендацій із запобігання самозайманню торфу на всіх технологічних етапах виготовлення брикетів.

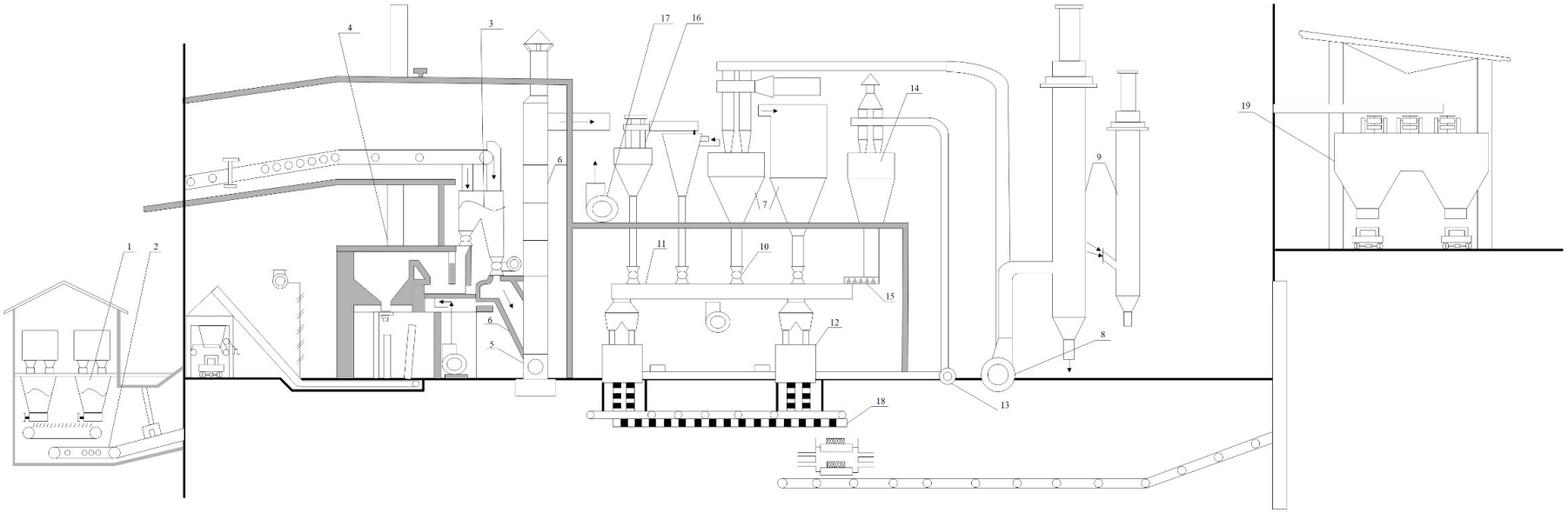


Рисунок 2 – Типова технологічна схема торфобрикетного виробництва:
1 – Бункер сировини, 2 – Конвеєр подачі сировини, 3 – Бункер печі і сушарки,
4 – Технологічна піч, 5 – Шахтний млин, 6 – Шахта, 7 – Циклони осідання торфу,
8 – Димотяг, 9 – Скрубери, 10 – Живильники, 11 – Конвеєр над пресами,
12 – Преси торфобрикетні, 13 – Млинковий вентилятор для шолухи,
14 – Циклон осідання шолухи, 15 – Шнек подачі шолухи,
16 – Циклони системи витяжки від штемпелів, 17 – Вентилятор аспірації штемпелів,
18 – Конвеєр подачі брикетів на склад, 19 – Бункери для брикетів

Подальші дослідження необхідно спрямувати на аналіз особливостей технологічного процесу виготовлення брикетів торфу та встановлення причин і місць можливого виникнення пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. The Natural Fix? - The Role of Ecosystems in Climate Mitigation. (2014). Peat distribution in the World. https://www.grida.no/resources/7553.
2. Kolchev, K. (2024). Peat deposits in Ukraine and in the world: current state, reserves, problems of geological and economic evaluation. Collection of Research Papers of the National Mining University. 78. 64-77. 10.33271/crpnmu/78.064.
3. Global Peatlands Assessment: The State of the World's Peatlands – Evidence for Action toward the Conservation, Restoration, and Sustainable Management of Peatlands. (2022). https://doi.org/10.59117/20.500.11822/41222.
4. Pro-consulting, дослідження ринків – Аналіз ринку торфу в Україні. 2025 рік : офіц. сайт. URL: https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-torfa-v-ukraine-2025-god (дата звернення 02.03.2026).
5. Правила пожежної безпеки для підприємств торф`яної промисловості (ППБО-135-80) : НАПБ В.01.017-80/116 [Чинний від 01.01.1981] Київ: ГУПО МВС СРСР, 2018.
6. Правила пожежної безпеки в Україні : НАПБ А.01.001-2014 [Чинний від 14.08.2024] Київ: МВС України, 2014.
7. Озерчук А.М., Гнєушев В.О. Державний концерн "Укрторф": перші підсумки, плани та сподівання. *Вугілля України*. 2017. № 5/6. С. 6–9.
8. Pro-consulting, дослідження ринків – Аналіз ринку паливного торфу в Україні. 2023 рік : офіц. сайт. URL: https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-toplivnogo-torfa-v-ukraine-2023-god (дата звернення 01.03.2026).
9. Веселівський Р.Б., Петровський В.Л., Козира І.М. Пожежна небезпека процесів підготовки сировини підприємств торфобрикетного виробництва. *Пожежна безпека*. 2025. № 47. С. 26–33. https://doi.org/10.32447/20786662.47.2025.03.

УДК 614.841

МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

***Василь КОВАЛИШИН**, д-р техн. наук, проф.,*
***Володимир МАРИЧ**, канд. техн. наук, доц.,*
***Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,*
***Володимир КОВАЛИШИН**, канд. техн. наук*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Стрімкий розвиток електротранспорту, портативної електроніки, систем накопичення енергії та відновлюваної енергетики спричинив широке застосування літій-іонних акумуляторів у різних сферах діяльності. В Україні додатковим фактором зростання їх використання

стало масове застосування безпілотних літальних апаратів та обстріли критичної інфраструктури.

Разом із поширенням таких джерел енергії зростає і рівень пожежної небезпеки. Пожежі літій-іонних акумуляторів характеризуються явищем теплового розгону, високою температурою горіння, виділенням токсичних газів та ймовірністю повторного займання. Це суттєво ускладнює процес гасіння та вимагає застосування ефективних вогнегасних речовин і спеціалізованих методів пожежогасіння.

Основним складовим елементом літій-іонних акумуляторів є метал літій [1], який належить до групи легких металів. Питання ефективності гасіння пожеж за участю легких металів із використанням різних вогнегасних речовин розглянуто в роботах [2-6]. У зазначених дослідженнях авторами було розроблено рецептури вогнегасних порошків, призначених для ліквідації пожеж класів D, A та B. Проведені експериментальні дослідження підтвердили успішне гасіння осередків пожеж класів D і B, що свідчить про високу ефективність запропонованих порошкових складів. Крім того, було розроблено технологію комбінованого гасіння пожеж класів D та A.

Наявні нормативні документи та методики випробувань не повною мірою враховують специфіку пожеж літій-іонних батарей, що ускладнює оцінювання ефективності різних засобів пожежогасіння.

У сучасних наукових роботах [7,8] значна увага приділяється дослідженню механізмів виникнення теплового розгону, причин займання та розвитку пожеж літій-іонних акумуляторів. Основними причинами їх займання є перезаряд, коротке замикання, механічні пошкодження та перегрів.

Дослідження показують, що ефективність гасіння значною мірою залежить від типу вогнегасної речовини, конструкції акумуляторів, режиму подачі засобу пожежогасіння та умов експерименту. При цьому результати різних досліджень часто важко порівняти через відмінності у методиках випробувань.

Проаналізуємо найбільш поширені методики з випробування вогнегасних речовин під час гасіння літій-іонних акумуляторів.

Чеська методика [9] передбачає гасіння літій-іонної батареї, розміщеної у металевій ємності, що заповнюється вогнегасною речовиною після досягнення пікової температури горіння (рис. 1). Однак такий підхід не дозволяє об’єктивно оцінити ефективність конкретних вогнегасних речовин, оскільки припинення горіння відбувається переважно за рахунок охолодження.

В іншій методиці проводили гасіння літій-іонного модуля ємністю 5,7 кВт·год після займання частини елементів батареї. Недоліками цього підходу є складність контролю процесу горіння та відсутність відтворюваності умов експерименту.

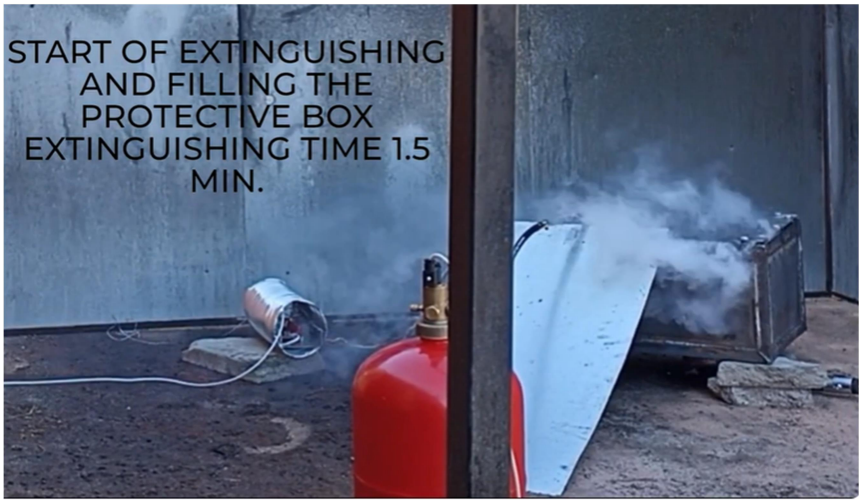


Рисунок 1 – Модельне вогнище з випробування вогнегасних речовин для гасіння літій-іонних акумуляторів

Нідерландська методика [10] передбачає випробування переносних вогнегасників на літій-іонних елементах обмеженої ємності, що використовуються в портативній електроніці. Тепловий розгін ініціюється шляхом перезарядження елементів. Однак мала енергетична ємність батарей не створює умов складної пожежі, характерної для реальних випадків (рис. 2).


Рисунок 2 – Процес гасіння літій-іонних акумуляторів

У проєкті Європейського стандарту [11] передбачено випробування вогнегасників для акумуляторів потужністю до 600 Вт, що використовуються у портативних пристроях. При цьому стандарт не поширюється на тягові батареї електротранспорту або великі системи накопичення енергії.

Проведений аналіз показав відсутність єдиного підходу до оцінювання ефективності гасіння пожеж літій-іонних акумуляторів. Основні відмінності між методиками полягають у:

- способах ініціації займання акумуляторів;

- типах експериментальних установок;
- параметрах подачі вогнегасних речовин;
- тривалості горіння та гасіння;
- типі та ємності акумуляторів, що досліджуються.

Це ускладнює порівняння результатів різних досліджень і формування універсальних рекомендацій щодо вибору засобів пожежогасіння. Отримані результати свідчать про необхідність розроблення уніфікованих методик випробувань, які враховуватимуть реальні умови експлуатації літій-іонних акумуляторів та специфіку їх пожежної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Літій-іонний акумулятор. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%82%D1%96%D0%B9-%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9 %D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80;
2. Kovalyshyn V., Marych, V., VeselivskyiR., Kovalyshyn, V., & Lozynskyi R. (2024). Обґрунтування технології гасіння комбінованих пожеж за наявності легких металів чи фосфорних СПОЛУК. Пожежна безпека, 44, 30-40. https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.44.2024.04;
3. Ковалишин В., Марич, В. Веселівський, Р., Ковалишин В., & Чернецький В. (2023). Оптимізація рецептури вогнегасного порошку спеціального призначення для комбінованого гасіння пожеж класу A, B та D. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, (2(16), 123–134. https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.2(16).123-134;
4. Kovalyshyn V., Marych V., Kyryliv Y., Koshelenko V., & Mirus O. (2018). Дослідження хімічних речовин, як складників вогнегасних порошків для гасіння легких металів. Пожежна безпека, 29, 46-56. Retrieved із https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/33;
5. Husar B., Kovalyshyn V., Marych V., Lozynskyi R., & Pastukhov P. (2019). Комбіноване гасіння пожеж класу D та A, B. Пожежна безпека, 35, 30-34. https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.35.2019.05;
6. Ковалишин В. В., Гусар Б. М., Ковалишин Вол. В., Марич В. М. Вогнегасний порошок спеціального призначення для комбінованого гасіння пожеж класу D, A, B. Патент на корисну модель 145068 Україна: МПК (2020.01), A62D 1/00 № u 2019 11577; заявл. 02.12.2019; опубл. 25.11.2020. Бюл. № 22. 3 с.;
7. Russoa P., Di Barib C., Mazzaroc M., De Rosac A., Morriellod I., Effective Fire Extinguishing Systems for Lithium-ion Battery Morriellod, „Chemical Engineering Transactions" 2018, vol. 67, 727–732, https://doi.org/ 10.3303/CET1867122;
8. Chiu K.-C., Lin C.-H., Yeh S.-F., Lin Y.-H. Chen, K.-C. An electrochemical modeling of lithium-ion battery nail penetration. J. Power Sources 2014, 251, 254–263;
9. Metodika zkoušení hasicí směsi FRS EXcellent 1 při hašení požárů hořlavých kapalin, lehkých kovů a Li-ion baterií. – Praha: VÚPO, 2025 p.;
10. Portable fire extinguishers – Performance requirements, test methods and marking for suitability for extinguishing lithium battery fires (NTA 8133:2021+A1:2025);
11. Portable fire extinguishers – Part 11: Performance requirements, test method and marking for EN 3-7 extinguishers suitable to be used on lithium-ion battery fires: prEN 3-11:2025. – Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2025. – Draft European Standard.

УДК 614.841.45

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЛЯ ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

***Ярослав БАЛЛО**, д-р техн. наук, ст. дослідник,*
***Вадим НІЖНИК**, д-р техн. наук, проф.,*
***Олександр ТЕСЛЕНКО**, д-р філос. з публ. упр. та адміністрування*
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України,
Вікторія БАЛЛО
Київський національний університет будівництва і архітектури

Реалізація Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» в частині встановлення виражених показників, пов'язаних із суттєвими експлуатаційними характеристиками будівельної продукції передбачає, що будівлі або споруди повинні бути запроектовані і побудовані таким чином, щоб у разі виникнення пожежі протягом визначеного проміжку часу зберігалася несуча здатність конструкцій [1]. На сьогоднішній день в Україні відсутні методичні підходи щодо визначення фактичного ступеню вогнестійкості будівель і споруд на основі даних щодо стану їх конструктивних елементів та умов експлуатації. Разом із цим, оцінювання здатності конструкцій зберігати несучу функцію в разі пожежі не лише на етапі проєктування, а й упродовж життєвого циклу будівлі є важливим елементом безпеки, що безпосередньо впливає на життя людей, мінімізує ризик обвалів і масштабних руйнувань [1-2]. Окрім цього, з часом несучі конструкції можуть втрачати свої проєктні властивості під впливом експлуатаційних факторів, що потенційно створює додаткові загрози для пожежно-рятувальних підрозділів під час ліквідації пожежі. Таким чином, проведення якісної оцінки може стати вирішальним під час ухвалення рішення про підсилення конструкцій або їх заміни, оновлення вогнезахисту або введення обмежень експлуатації.

Окрім цього, обґрунтування методології визначення ступеня вогнестійкості для існуючих будівель та споруд є особливо важливим, зокрема для об'єктів критичної інфраструктури, оскільки значна частина таких об'єктів була зведена за різними нормативними вимогами та в різні періоди, що ускладнює об'єктивну оцінку їх фактичної здатності збереження цілісності в разі виникнення пожежі. В умовах воєнних дій ризик виникнення пожеж на об'єктах критичної інфраструктури істотно зростає через можливість ураження будівель і споруд вибуховими хвилями, уламками боєприпасів, ракетними ударами та безпілотниками, що може призводити до пошкодження несучих конструкцій, інженерних систем та систем протипожежного захисту. У таких умовах науково

обґрунтована методологія визначення ступеня вогнестійкості існуючих будівель і споруд дозволяє здійснювати більш точну оцінку їх залишкової надійності, прогнозувати розвиток пожеж в разі повторних уражень, а також приймати обґрунтовані рішення щодо підвищення рівня пожежної безпеки, відновлення, модернізації або експлуатаційних обмежень об'єктів критичної інфраструктури з метою забезпечення безперервності їх функціонування та мінімізації ризиків для населення і персоналу.

Зазначене зумовлює необхідність у розробленні сучасного національного нормативного документу, що має визначити методологію визначення фактичного ступеню вогнестійкості будівель і споруд на основі даних щодо стану їх конструктивних елементів та умов експлуатації. Метою такої розробки є створення ефективної методології визначення фактичного ступеню вогнестійкості для існуючих будівель і споруд на основі даних щодо стану їх конструктивних елементів та умов попередньої експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- здійснити аналіз існуючих методик визначення фактичного класу вогнестійкості конструктивних елементів будівель, оцінити їхню наукову обґрунтованість, практичну застосовність та обмеження, а також визначити ключові недоліки, що впливають на точність і достовірність результатів оцінювання

- систематизувати підходи щодо оцінки фактичної вогнестійкості різних конструктивних елементів будівель на основі аналізу найбільш поширених конструктивних рішень, фізико-механічних властивостей матеріалів та моделювання поведінки конструкцій в умовах пожежі;

- дослідити вплив експлуатаційних умов і фактичного технічного стану конструктивних елементів на зміну їх показників вогнестійкості, виявити ключові фактори, що спричиняють деградацію рівня вогнестійкості;

- розробити методологічний підхід до визначення фактичного ступеня вогнестійкості будівель і споруд, який враховує реальні параметри конструкцій, їх пошкодження, зношеність та умови експлуатації, а також оцінити точність запропонованої методології шляхом порівняння її результатів з наявними нормативними та експериментальними даними;

Вирішення перелічених задач дозволить розробити проєкт національного стандарту «Методика з визначення фактичного ступеню вогнестійкості будівель та споруд».

Варто відзначити, що існуючі підходи до визначення ступеня вогнестійкості будівель і споруд у різних країнах базуються на різних нормативних принципах та методах оцінювання. У нормативній системі колишнього Радянського союзу ступінь вогнестійкості будівлі визначався за класифікаційним принципом, відповідно до якого будівля відносилась до певного ступеня вогнестійкості залежно від мінімально встановлених

меж вогнестійкості основних несучих та огороджувальних конструкцій. Для оцінювання фактичної вогнестійкості окремих конструктивних елементів широко застосовувалися табличні методи, що дозволяли визначати орієнтовний клас або межу вогнестійкості залежно від типу матеріалу, геометричних параметрів перерізу конструкції, товщини захисного шару та умов роботи конструктивних елементів. Подібні підходи використовуються і в сучасних нормативних системах США, Канади та Японії [3-5], де поряд із результатами стандартних вогневих випробувань конструкцій (наприклад, за стандартними температурними кривими) широко застосовуються довідкові та табличні дані для оцінювання вогнестійкості типових конструктивних рішень без проведення індивідуальних випробувань. Зокрема, у будівельних нормах цих країн передбачені спеціальні таблиці та каталоги, що встановлюють клас або межу вогнестійкості для типових стін, перекриттів, колон і балок залежно від матеріалу, товщини та конструктивного виконання. Таким чином, табличні методи залишаються важливим інструментом інженерної оцінки фактичного класу вогнестійкості окремих елементів будівель, особливо для існуючих споруд, де проведення повномасштабних випробувань є неможливим або економічно недоцільним.

Окрім цього слід враховувати, що умови довготривалої експлуатації, кліматичні фактори також значно впливають на збереження вогнестійкості конструкцій будівель. Тривала дія підвищеної вологості, перепадів температур, морозів, опадів тощо може призводити до поступового зниження міцності матеріалів, корозії металевих елементів, розтріскування бетону та руйнування захисних покриттів, що безпосередньо зменшує час збереження несучої здатності та цілісності конструкцій у разі пожежі. Таким чином, при визначенні ступеня вогнестійкості для існуючих будівель необхідно враховувати не тільки тип і характеристики конструкційних елементів, а й їх фактичний стан після тривалого впливу експлуатаційного середовища.

Незважаючи на наявність розвинених нормативних підходів до оцінювання вогнестійкості будівель у США, Канаді, Японії та окремих європейських країнах їх пряме застосування для оцінювання існуючих будівель в Україні є обмеженим. Це зумовлено відмінностями у нормативній базі, класифікації будівель і конструкціях, практиці використання будівельних матеріалів, конструктивних схемах та історичних періодах забудови, в межах яких формувався значний фонд існуючих споруд. Крім того, більшість міжнародних методів орієнтовані на нове будівництво або на конструкції, що відповідають сучасним стандартам матеріалів та технологій, тоді як значна частина будівель в Україні зведена за нормами різних редакцій СНиП і може мати конструктивні особливості, які не повною мірою враховуються в існуючих довідкових даних. У зв’язку з цим виникає об’єктивна потреба у

розробленні національної методології визначення ступеня вогнестійкості для існуючих будівель та споруд, адаптованої до української нормативної бази, типових конструктивних рішень та сучасних викликів забезпечення пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про надання будівельної продукції на ринку : Закон України від 02.09.2020 р. № 850-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2021. №14. С. 2.
2. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об`єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. ДБН В.1.2-7-2008 [Чинний від 2008-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд від 26.01.2008 № 39. – 2008. 31 с. – (Державні будівельні норми України).
3. International Building Code. – Washington, DC : International Code Council, 2021. – 756 p.
4. National Research Council of Canada. *National Building Code of Canada 2020*. – Ottawa : National Research Council of Canada, 2020. – 678 p.
5. Building Standard Law of Japan. – Tokyo : Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2019. – 420 p.

УДК 614.84

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЛАДІВ (ПРИСТРОЇВ) ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ МАСОВОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТОКСИЧНИХ ГАЗОПОДІБНИХ РЕЧОВИН

***Юрій ФЕЩУК**, канд. техн. наук, старший дослідник*
Інститут наукових досліджень з цивільного захисту
Національного університету цивільного захисту України

Аналіз ДСТУ ISO 19701:2018 (ISO 19701:2013, IDT) [1] дозволив встановити перелік токсичних речовин, що можуть утворюватися під час пожежі.

Мета даної роботи – визначення масової концентрації токсичних газоподібних речовин, що утворюються в димовій камері під час спалювання зразка речовини або матеріалу на установці з визначення коефіцієнту димоутворювання [2].

Для досягнення поставленої мети виникла необхідність у виборі приладів (пристроїв) для вимірювання масової концентрації токсичних речовин, передумовою чого став аналіз методів хімічного аналізування токсичних речовин.

Таким чином, складено таблицю 1 з переліком токсичних газоподібних речовин та можливих варіантів приладів (пристроїв) для їх визначення.

Таблиця 1– Необхідні прилади (пристрої) для вимірювання масової концентрації токсичних газоподібних речовин

Токсичний газ	**Необхідний прилад (пристрій)**
Кисень (O_2)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 30 %)
Діоксид вуглецю (CO_2)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 100 %)
Монооксид вуглецю (CO)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 5 %)
Водень ціаністий (HCN)	Газоаналізатор SKY 2000 (0 – 100 ppm)
	Фотоколориметр КФК-2 МП або спектрофотометр. Потребує допоміжних пристроїв, матеріалів і реактивів для вимірювання
	pH-метр/іономір SevenDirect (Mettler Toledo) з електродом HCN
Водень хлористий (HCl)	Газоаналізатор SKY 2000 (0 – 100 ppm)
	Фотоколориметр КФК-2 МП або спектрофотометр. Потребує допоміжних пристроїв, матеріалів і реактивів для вимірювання
	pH-метр/іономір SevenDirect (Mettler Toledo) з електродом HCl
Водень бромистий (HBr)	Газоаналізатор SKY 2000 (0 – 100 ppm)
	Фотоколориметр КФК-2 МП або спектрофотометр. Потребує допоміжних пристроїв, матеріалів і реактивів для вимірювання
	pH-метр/іономір SevenDirect (Mettler Toledo) з електродом HBr
Водень фтористий (HF)	Газоаналізатор SKY 2000 (0 – 50 ppm)
	pH-метр/іономір SevenDirect (Mettler Toledo) з електродом HF
Оксиди азоту (NO_x)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 5000 ppm)
	Фотоколориметр КФК-2 МП або спектрофотометр. Потребує допоміжних пристроїв, матеріалів і реактивів для вимірювання
Діоксид сірки (SO_2)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 5000 ppm)
	Хроматограф газовий ChroZen GC Для визначення масової концентрації SO_2 необхідний стандарт (еталон) газу SO_2, а також допоміжні пристрої, матеріали і реактиви
Сірководень (H_2S)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 1000 ppm)
	Хроматограф газовий ChroZen GC Для визначення масової концентрації H_2S необхідний стандарт (еталон) газу H_2S, а також допоміжні пристрої, матеріали і реактиви
Акролеїн (C_3H_4O)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 5000 ppm), VOC
	Фотоколориметр КФК-2 МП або спектрофотометр. Потребує допоміжних пристроїв, матеріалів і реактивів для вимірювання
Аміак (NH_3)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 1000 ppm)
	Фотоколориметр КФК-2 МП або спектрофотометр. Потребує допоміжних пристроїв, матеріалів і реактивів для вимірювання
Акрилонітрил (C_3H_3N)	Газоаналізатор SKY 8000 (0 – 5000 ppm), VOC
	Хроматограф газовий ChroZen GC Для визначення масової концентрації C_3H_3N, необхідний стандарт (еталон) газу C_3H_3N, а також допоміжні пристрої, матеріали і реактиви

Виходячи з таблиці 1, для визначення масової концентрації токсичних газоподібних речовин, що утворюються під час пожежі необхідно такі прилади (пристрої):

- Хроматограф;
- Фотоколориметр;
- Газоаналізатори.

Особливістю застосування хроматографа та фотоколориметра є те, що для забезпечення їх роботи необхідні допоміжні пристрої, матеріали і реактиви для вимірювання, що не завжди можливо забезпечити без наявності повноцінної хімічної лабораторії.

Отже, застосування газоаналізаторів для визначення масової концентрації токсичних газоподібних речовин, що утворюються під час пожежі є найбільш сучасним та технологічним рішенням, що дозволяє проводити вимірювання масової концентрації газів у динаміці та без застосування хімічних реактивів. Як правило для цього застосовується електрохімічний метод , інфрачервоний та фото-іонізаційний методи.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 19701:2018 «Методи відбирання проб та аналізування летких продуктів згоряння (ISO 19701:2013, IDT)».
2. ДСТУ 8829:2019 «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація».

УДК 614.8

МЕТА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИКИ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Андрій ГЕЛЕТЕЙ**, курсант інституту*
пожежної та техногенної безпеки,
***Сергій ЯКУХІН**, старший викладач*
Національний університет цивільного захисту України

Актуальність теми зумовлена зростанням техногенного навантаження на навколишнє середовище та необхідністю мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) на об’єктах підвищеної небезпеки. Автоматизовані системи раннього виявлення (СРВ) є критично важливим елементом системи цивільного захисту, що забезпечують перехід від ліквідації наслідків до активного запобігання катастрофам.

Згідно з [1], забезпечення техногенної безпеки на об’єктах підвищеної небезпеки передбачає обов'язкове встановлення систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення.

Мета : Своєчасне інформування персоналу об'єкта та чергових служб цивільного захисту про загрозу виникнення НС.

Теоретичні основи та мета функціонування систем

Як зазначено у [2], автоматика раннього виявлення базується на теорії автоматичного керування, де об’єктом контролю є параметри технологічного процесу або стан середовища, а саме :

Моніторинг: Постійний контроль фізико-хімічних параметрів.

Ідентифікація: Автоматичне розпізнавання відхилень від норми, що можуть призвести до аварії.

Оповіщення: Негайне передавання сигналу тривоги на пульти централізованого спостереження.

Локалізація: Ініціація систем автоматичного захисту для недопущення розвитку НС.

Принципи побудови та функціонування автоматики

Згідно з [4], системи раннього виявлення працюють за ієрархічним принципом:

Нижній рівень (Рівень датчиків)

Використовуються інтелектуальні сповіщувачі, що здатні диференціювати загрозу. Для запобігання вибухам застосовуються термохімічні або інфрачервоні сенсори.

Середній рівень (Програмно-логічні контролери)

На даному рівні відбувається збір інформації, її фільтрація від шумів та порівняння з гранично допустимими значеннями.

Верхній рівень (АРМ диспетчера)

Візуалізація стану об’єкта, архівація даних та зв'язок із зовнішніми системами екстреного реагування.

Специфіка автоматики для запобігання вибухам та пожежам

Запобігання вибухам потребує надвисокої швидкодії системи. Принципи роботи такої автоматики включають:

Випереджувальний контроль: Виявлення перегріву обладнання ще до моменту займання.

Флегматизація середовища: Автоматичне введення інертних газів при досягненні 50% від нижньої межі вибуховості.

Дублювання каналів зв'язку: Використання дротових та радіоканалів для гарантованої доставки сигналу.

Сучасна побудова СРВ базується на принципі багаторівневої децентралізованої архітектури. Це забезпечує високу надійність: навіть при виході з ладу центрального сервера, периферійні контролери продовжують виконувати захисні функції на локальних дільницях.

Навчальний посібник [5] деталізує внутрішню архітектуру сучасних СРВ, яка базується на принципах:

Модульності: Можливість розширення системи при модернізації підприємства.

Живучості: Здатність системи виконувати функції при виході з ладу окремих компонентів.

Інтегрованості: Поєднання СРВ з відеоспостереженням та системами контролю доступу.

Технічні вимоги до будови відповідно [4]:

Іскробезпека: Усі компоненти системи, що встановлюються у вибухонебезпечних зонах, повинні мати відповідний рівень захисту (Ex-маркування).

Автономність: Обов'язкова наявність блоків безперебійного живлення, що гарантують роботу системи протягом не менше 24 годин у черговому режимі та 3 годин у режимі «Тривога».

Самодіагностика: Система повинна кожні 60–300 секунд автоматично перевіряти цілісність ліній зв’язку та справність кожного датчика.

Експлуатація СРВ на об'єктах підвищеної небезпеки (ОПН) – це комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на підтримання системи в стані постійної готовності до виконання завдань за призначенням.

Режими функціонування системи

У процесі експлуатації СРВ перебуває в одному з трьох основних режимів:

Черговий режим: Постійний моніторинг параметрів, самодіагностика вузлів та каналів зв’язку.

Режим «Увага»: Активований при досягненні першого порогу спрацювання. Вимагає негайної перевірки персоналом.

Режим «Аварія»: Повна активація засобів оповіщення та протиаварійного захисту.

Метрологічна повірка та калібрування

Особливістю експлуатації СРВ є обов’язкова повірка вимірювальних приладів. Оскільки датчики газу (сенсори) схильні до «деградації» та «отруєння» хімічними речовинами, вони втрачають чутливість з часом.

Калібрування: Проводиться за допомогою стандартних зразків газових сумішей (ПГС).

Заміна сенсорів: Більшість сучасних електрохімічних датчиків мають термін служби 2–3 роки, після чого потребують заміни, навіть якщо вони виглядають справними.

Алгоритм спрацювання системи при виникненні загрози

Реєстрація первинного фактора: Датчик фіксує аномалію.

Аналіз загрози: Логічний блок перевіряє, чи не є сигнал помилковим (аналіз за декількома параметрами).

Передача сигналу «Увага»: Попереднє інформування оператора.

Передача сигналу «Аварія»: Автоматична зупинка техпроцесу та активація засобів пожежогасіння/нейтралізації.

Оповіщення: Передача даних на пульт ДСНС.

Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій є технічним фундаментом сучасної системи цивільного захисту України. Впровадження таких систем, регульоване [1], дозволяє перейти від реактивного підходу (боротьби з наслідками) до превентивного (запобігання виникненню). Аналіз наукових праць [2], [3], [4], [5] підтверджує, що сучасна СРВ – це не просто набір датчиків, а інтелектуальна багаторівнева система, що базується на складних математичних моделях та надійних апаратних рішеннях. Основна мета СРВ – виграти час для евакуації та локалізації аварії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI (із змінами та доповненнями).
2. Лобода О. І., Тодоріко О. М., Дубініна С. В. Теоретичні основи автоматики. Практикум: навчальне видання. Мелітополь: ФОП Однорог Т. В., 2020. 164 с.
3. Математичне моделювання та оптимізація систем безпеки: курс лекцій.: О. А. Антошкін, С. М. Бондаренко, О. А. Дерев'янко та ін. Харків: НУЦЗУ, 2021. 112 с.
4. Автоматика для запобігання вибухам та пожежам.: О. А. Дерев'янко, С. М. Бондаренко, О. А. Антошкін, М. М. Мурін. Харків: НУЦЗУ, 2024. 198 с.
5. Навчальний посібник "Основи будови автоматичних систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій" О. А. Антошкін, С. М. Бондаренко, В. О. Дурєєв, О. А. Литвяк, М. М. Мурін, В. В. Олійник - Черкаси НУЦЗУ 2025; с. 85 - 102.

УДК 614.8

СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ЯК СКЛАДОВА АВТОМАТИКИ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Євгеній ЖАБОРОВСЬКИЙ, *курсант інституту пожежної та техногенної безпеки*
Сергій ЯКУХІН, *старший викладач*
Національний університет цивільного захисту України

Автоматизація процесів виявлення небезпечних факторів є ключовим етапом еволюції системи цивільного захисту. У сучасних умовах, коли складність промислових об'єктів та щільність забудови міст постійно зростають, людський фактор стає критичною вразливістю. Саме тому системи пожежної сигнвлізації (СПС) розглядаються не просто як технічні засоби, а як невід'ємна складова загальнодержавної системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій (СРВНС).

Завдання цивільного захисту тривалий час базувалися на принципі оперативного реагування на вже виниклу подію. Проте аналіз великих пожеж та техногенних катастроф, викладений у [1], доводить:

ефективність порятунку людей та майна експоненціально знижується з кожною хвилиною затримки. Автоматизація дозволяє змінити вектор діяльності на превентивний моніторинг.

СРВНС, що діють у межах об'єкта, виконують роль «первинної ланки» цивільного захисту. Вони забезпечують:

Безперервність контролю: на відміну від персоналу, автоматика працює у режимі 24/7, охоплюючи важкодоступні зони.

Об'єктивність даних: використання димових сповіщувачів, що відповідають [2], гарантує ідентифікацію загрози за об'єктивними фізичними показниками, а не за суб'єктивними відчуттями людини.

Нормативна база, зокрема [3], визначає сувору ієрархію взаємодії автоматики. У контексті цивільного захисту автоматизація вирішує три стратегічні завдання:

Локальна локалізація: автоматичний запуск систем пожежогасіння та обмеження поширення вогню.

Забезпечення безпечної евакуації: автоматичне керування системами оповіщення та димовидалення, що є критично важливим для збереження життів у перші хвилини надзвичайної ситупції (НС).

Інформаційна підтримка підрозділів Державної служби України з надвичайних ситуацій (ДСНС): передача сигналу на пульти централізованого спостереження дозволяє рятувальним службам заздалегідь знати координати осередку та характер загрози.

Впровадження інтелектуальних систем автоматики дозволяє реалізувати концепцію «керованої надзвичайної ситуації». Завдяки ранньому виявленню (на стадії тління або перших ознак задимлення, що регулюється [2]), збитки від пожежі можуть бути зменшені в десятки разів. Для держави це означає не лише збереження матеріальних ресурсів, а й розвантаження оперативних служб за рахунок зменшення кількості масштабних катастроф.

Таким чином, автоматизація у цивільному захисті – це перехід до інтелектуального середовища, де будівля самостійно здатна розпізнати небезпеку, оповістити людей та ініціювати первинні заходи боротьби з вогнем ще до прибуття першого підрозділу рятувальників.

Сучасна СПС – це складний комплекс технічних засобів, призначений для виявлення пожежі на ранній стадії, обробки інформації та формування командних імпульсів для систем оповіщення та пожежогасіння. Згідно з [1], структура СПС повинна забезпечувати максимальну живучість та інформативність.

Класифікація систем, зокрема у [1], виділяють три основні типи архітектури систем, що використовуються :

Неадресні (порогові) системи:

Принцип роботи базується на вимірюванні електричного опору шлейфу. При спрацюванні сповіщувача прилад фіксує лише номер шлейфу (зони), але не конкретне місце події.

Обмеження: неможливість точної локалізації на великих об'єктах та відсутність контролю працездатності кожного окремого датчика.

Адресні (опитувальні) системи:

Кожен сповіщувач має унікальний номер (адресу). Приймально-контрольний прилад (ППКП) періодично надсилає запит до кожного пристрою.

Перевага: чітке розуміння, в якому саме приміщенні виникла загроза, що критично для швидкого реагування підрозділів ДСНС.

Адресно-аналогові системи:

Найбільш прогресивний тип систем раннього виявлення. Сповіщувачі передають на пульт не статус «Пожежа», а поточне значення вимірюваного параметра.

Рішення про тривогу приймає центральний процесор ППКП на основі аналізу динаміки змін. Це дозволяє реалізувати інтелектуальні алгоритми фільтрації завад та самодіагностику.

Типова структура СПС, відповідно [3], включає наступні блоки:

Пристрої виявлення (Пожежні сповіщувачі): Сенсори, що реагують на дим, тепло, газ або полум'я. Саме вони забезпечують первинний контакт із зоною надзвичайної ситуації.

ППКП: «Мозок» системи, який здійснює живлення сповіщувачів, приймає сигнали, аналізує їх та керує виконавчим обладнанням.

Пристрої оповіщення: Світлові (табло «Вихід») та звукові (сирени, мовленнєві динаміки) сповіщувачі, що забезпечують організовану евакуацію людей.

Лінії зв’язку (Шлейфи): Вогнестійкі кабельні мережі, що з’єднують компоненти системи. Відповідно до [3] вони повинні зберігати працездатність в умовах пожежі протягом 30 хв.

Джерела живлення: Основне (мережа 220В) та резервне (акумуляторні батареї), що гарантують автономну роботу системи при знеструмленні об'єкта.

Згідно з [1], структура сучасної СПС обов'язково передбачає інтерфейси для керування суміжними системами. При виявленні ознак горіння автоматика повинна:

Зняти напругу з систем примусової вентиляції (щоб не роздмухувати полум'я);

Закрити протипожежні клапани та двері;

Активувати димовидалення;

Розблокувати електромагнітні замки на шляхах евакуації.

Така розгалужена структура перетворює пожежну сигналізацію з пасивного інструменту спостереження на активну систему керування безпекою об’єкта в умовах надзвичайної ситуації.

У СРВНС пожежний сповіщувач є первинним джерелом інформації. Від правильного вибору типу сповіщувача залежить час ідентифікації

загрози. Згідно з [1], сповіщувачі класифікують за типом фізичного параметра, на який вони реагують.

Димові пожежні сповіщувачі

Це основний тип пристроїв для реалізації стратегії раннього виявлення. Відповідно до [2], вони поділяються на:

Оптико-електронні (точкові): Працюють на принципі розсіювання світла. Ефективні для виявлення тліючих пожеж на початковій стадії.

Лінійні: Складаються з випромінювача та приймача. Контролюють великі відкриті простори довжиною до 100 метрів.

Аспіраційні: Найбільш чутливі системи, що примусово забирають повітря з приміщення та аналізують його лазерним сенсором. Забезпечують надраннє виявлення.

Теплові пожежні сповіщувачі

Використовуються в місцях, де застосування димових датчиків неможливе через пил, пару або специфіку технологічного процесу.

Максимальні: Спрацьовують при досягненні певної температури.

Диференційні: Реагують на швидкість зростання температури.

Сповіщувачі полум'я та комбіновані пристрої

Реагують на електромагнітне випромінювання відкритого вогню в інфрачервоному або ультрафіолетовому спектрі. Комбіновані моделі (дим + тепло) згідно з [3] рекомендуються для приміщень зі складною динамікою розвитку пожежі.

Порівняльна характеристика основних типів сповіщувачів

Тип сповіщувача	Параметр виявлення	Швидкість реагування на ранній стадії	Сфера застосування	Основні переваги
Димовий точковий (EN 54-7)	Оптична щільність середовища	Висока	Офіси, готелі, житлові будинки, серверні	Виявляє пожежу до появи відкритого вогню
Тепловий	Температура	Низька	Гаражі, кухні, запилені виробництва	Стійкість до хибних спрацювань (пил, пара)
Полум'я	Оптичний спектр вогню	Дуже висока (на відкрите полум'я)	Склади ПММ, ангари, нафтобази	Миттєве виявлення спалаху легкозаймистих речовин
Аспіраційний	Концентрація мікрочасток	Надвисока	Музеї, архіви, центри обробки даних (ЦОД)	Можливість виявлення загрози за кілька хвилин до появи диму

Для СРВНС пріоритетними є димові сповіщувачі, що відповідають [2], оскільки понад 70% пожеж на цивільних об'єктах починаються з тривалого стадії тління. Використання адресно-аналогових пристроїв, описаних у [1], дозволяє не лише виявити пожежу, а й спрогнозувати її розвиток, що є критичним для автоматики цивільного захисту.

Сучасний стан СПС, що регулюється [3], є надійним, проте стрімкий розвиток інформаційних технологій відкриває нові горизонти для підвищення ефективності цивільного захисту. Наступне покоління СРВНС базуватиметься на інтелектуалізації сенсорів та мережевій інтеграції.

Одним із найбільш перспективних напрямків є перехід від статичних порогів спрацювання сповіщувачів (згідно з [2]) до динамічного аналізу середовища за допомогою ШІ.

Відеоаналітика вогню та диму: Використання камер із вбудованими нейромережами дозволяє виявити задимлення на відкритих просторах або у великих цехах значно швидше, ніж це зробить точковий димовий сповіщувач. Програмні алгоритми здатні відрізнити дим від туману або пилу, що практично нівелює ризик хибних тривог.

Прогностичне моделювання: На основі даних від адресно-аналогових систем, описаних у [1], ШІ може прогнозувати шляхи поширення токсичних продуктів горіння, автоматично коригуючи алгоритми роботи систем димовидалення та підпору повітря в реальному часі.

Майбутнє СРВНС тісно пов'язане з концепцією "Розумне місто". Інтеграція СПС у загальну мережу безпеки міста дозволить:

Автоматичне пріоритетне керування трафіком: При спрацюванні системи на об'єкті, міська інфраструктура автоматично створює «зелений коридор» для спецтехніки ДСНС.

Гібридні системи моніторингу: Поєднання внутрішньобудинкових систем із зовнішніми датчиками моніторингу навколишнього середовища для виявлення транскордонних загроз або масштабних лісових пожеж, що наближаються до населених пунктів.

Подальше вдосконалення стандартів, передбачає масовий перехід на мультикритеріальні сповіщувачі. Пристрій, що одночасно аналізує концентрацію CO, CO2, наявність диму та градієнт температури, здатний виявити ознаки термічного розкладу ізоляції кабелів ще до моменту появи відкритого вогню. Це фактично реалізує концепцію «надраннього виявлення», мінімізуючи час реакції системи до секунд.

Технологічний розвиток СРВНС спрямований на максимальне усунення людського фактору та створення автономних інтелектуальних комплексів, які здатні не лише констатувати факт надзвичайної ситуації, а й діяти на випередження.

Таким чином, впровадження та належне утримання СПС, як складової СРВНС, є не лише технічною вимогою, а й стратегічною

необхідністю для забезпечення національної безпеки та захисту населення від надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев'янко О.А., Бондаренко С.М., Христич В.В., Антошкін О.А. Системи пожежної та охоронної сигналізації. Текст лекцій. Х.: НУЦЗУ, 2008. 149 с.
2. ДСТУ EN 54-7:2019. Системи пожежної сигналізації. Частина 7. Димові пожежні сповіщувачі. Точкові пожежні сповіщувачі, що працюють на принципі розсіювання, пропускання або іонізації світла (EN 54-7:2018, IDT). – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 67 с.
3. Системи протипожежного захисту : ДБН В.2.5–56–2014 [Чинний від 2015-07-01]. К. : ДП «Укрархбудінформ». 2014. 127 с.

УДК 614.8

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ МЕТОДІВ РОЗМІНУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

***Максим КУСТОВ**, д-р техн. наук, проф.,*
***Артем КАРПОВ**, ад'юнкт*
Національний університет цивільного захисту України

Проблема забруднення територій вибухонебезпечними предметами (ВНП) набула особливої актуальності в умовах сучасних воєнних конфліктів та збройної агресії. Значні площі земель, об'єкти критичної інфраструктури, промислові зони та сільськогосподарські угіддя потребують системного та безпечного очищення відповідно до вимог чинного законодавства у сфері цивільного захисту та протимінної діяльності [1, 2]. У зв'язку з цим особливого значення набуває удосконалення підходів до розмінування з позицій техногенної безпеки, мінімізації ризиків для персоналу та запобігання вторинним надзвичайним ситуаціям.

Існуючих методи розмінування передбачають безпосередню участь сапера у процесі пошуку, ідентифікації та знешкодження ВНП із застосуванням металодетекторів, щупів, ручного інструменту та локальних підривних зарядів. Основною перевагою таких методів є висока точність і можливість роботи в складних умовах рельєфу або щільної забудови. Водночас безпосередній контакт людини з потенційно небезпечним об'єктом формує високий рівень професійного ризику.

З позицій техногенної безпеки існуючих розмінування супроводжується дією ударної хвилі, уламків, теплового випромінювання, можливістю виникнення пожежі чи руйнування конструкцій. У разі проведення робіт поблизу промислових об'єктів підвищується ризик вторинних аварій, пов'язаних із пошкодженням резервуарів із горючими речовинами, газопроводів або електромереж, що відповідає класифікаційним ознакам надзвичайних ситуацій техногенного характеру [3].

Альтернативою є дистанційні методи розмінування, що базуються на застосуванні роботизованих комплексів, безпілотних літальних апаратів та дистанційно керованих платформ. У практиці гуманітарного розмінування такі технології впроваджують підрозділи ДСНС України [4], а також міжнародні організації, зокрема The HALO Trust, діяльність яких здійснюється відповідно до Міжнародних стандартів протимінної діяльності (IMAS) [5]. Використання дистанційно керованої техніки дозволяє суттєво зменшити рівень безпосередньої загрози для життя та здоров'я персоналу.

Дистанційні методи забезпечують зниження ризику ураження персоналу ударною хвилею та уламками, можливість попереднього дистанційного обстеження території, а також контрольоване проведення підриву з дотриманням розрахованих параметрів безпечної відстані, що узгоджується з рекомендаціями міжнародних керівних документів у сфері розмінування [5]. Водночас їх застосування потребує значних фінансових витрат, відповідної технічної бази та підготовки персоналу.

Порівняльний аналіз свідчить, що існуючі методи характеризуються високою адаптивністю та відносною економічністю, проте супроводжуються підвищеним індивідуальним ризиком. Дистанційні методи забезпечують зниження ризику для персоналу, однак вимагають більших ресурсів і не завжди можуть бути застосовані в умовах щільної забудови без додаткової підготовки території. Згідно з положеннями національного законодавства у сфері цивільного захисту, пріоритетом є мінімізація загроз життю та здоров'ю людей [2].

У контексті техногенної безпеки доцільним є комбіноване застосування обох підходів залежно від типу території, виду ВНП та рівня потенційної загрози. Комплексний підхід дозволяє оптимізувати співвідношення «ризик – ефективність – витрати» та мінімізувати ймовірність виникнення вторинних надзвичайних ситуацій [1, 5].

Отже, впровадження дистанційних методів розмінування є важливим напрямом підвищення рівня безпеки у сфері цивільного захисту. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розроблення методик кількісної оцінки техногенного ризику та обґрунтування критеріїв вибору оптимальної технології розмінування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про протимінну діяльність в Україні : Закон України від 06.12.2018 № 2642-VIII.
2. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.
3. Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями : Постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 № 368.
4. Методичні рекомендації щодо організації та проведення робіт з гуманітарного розмінування / ДСНС України.
5. International Mine Action Standards (IMAS). United Nations Mine Action Service (UNMAS).

УДК 621.3

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЦИФРОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПОЖЕЖНІ ТА ТЕХНОГЕННІ АСПЕКТИ

***Роман ШЕВЧЕНКО**, д-р техн. наук, проф.,*
***Юлія ПОГРІБНА**, ад'юнкт докторантури-ад'юнктури*
Національний університет цивільного захисту України

Об'єкти цифрової інфраструктури, включно з дата-центрами, архівами електронних записів та сховищами цифрових ресурсів, відносяться до категорії критичної інфраструктури України [1].

Інтенсивна цифровізація та інформатизація суспільства в Україні зумовлюють необхідність системної модернізації процесів фіксації, обігу та зберігання архівної, управлінської, фінансової, господарської, технічної, безпекової та інших видів інформації яка забезпечує збереження культурної спадщини, належне функціонування органів державної влади, суб'єктів господарювання та об'єктів критичної інфраструктури [2;3].

Досвід міжнародних досліджень у сфері цифрового урядування показує, що впровадження сучасних цифрових технологій підвищує ефективність управління, забезпечує прозорість та покращує обіг інформації між державними органами та громадянами [4].

У період воєнного стану до традиційних пожежних та техногенних ризиків зокрема і для об'єктів зі збереження цифрової інформації додаються специфічні загрози. Фізичні ураження об'єктів внаслідок ракетних ударів, авіаційних чи безпілотних атак; нестабільність електропостачання, аварійні відключення внаслідок пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури, що підвищують навантаження на акумуляторні системи та збільшують ймовірність їх перегріву; кібернетичні загрози, спрямовані на порушення функціонування систем зберігання або створення умов для фізичних аварій тощо.

Так автором встановлено, що сучасні центри обробки та зберігання цифрової інформації (data centers) характеризуються підвищеним рівнем пожежної небезпеки, що зумовлено високою щільністю розміщення електротехнічного та інженерного обладнання, ймовірністю технічних відмов, ризиками перегріву компонентів, а також наявністю акумуляторних систем безперебійного живлення. Сукупність зазначених чинників формує комплексне пожежонебезпечне середовище, яке потребує впровадження посилених заходів моніторингу та протипожежного захисту [5].

Техногенні ризики на об'єктах критичної інфраструктури включають перебої в електропостачанні та аварії на мережах, які можуть суттєво впливати на здатність об'єкта підтримувати нормальні умови експлуатації [6], що є особливо критичним для об'єктів із високою залежністю від

безперервного енергопостачання, зокрема для центрів обробки та зберігання цифрової інформації.

В умовах воєнних дій критична інфраструктура піддається ризику руйнувань вибуховими хвилями та прямому фізичному ураженню, що може призвести до катастрофічних наслідків для функціонування держави та суспільства [7].

З огляду на це правове регулювання електронного документообігу доцільно розглядати у взаємозв'язку з законодавством у сфері пожежної й техногенної безпеки та технічними стандартами, що встановлюють вимоги до проєктування й експлуатації інформаційно-технічних систем та архівних установ. Забезпечення інфраструктурної безпеки об'єктів зберігання цифрової інформації є не лише інженерно-технічним завданням, а й складовою гарантій цілісності, доступності та довгострокового зберігання електронних документів як об'єктів правового захисту [8].

Враховуючи зростання кількості загроз у період воєнного стану особливої актуальності набуває вивчення та адаптація міжнародного досвіду забезпечення безпеки об'єктів зберігання інформації.

Так авторкою відзначено, що National Archives and Records Administration (NARA) здійснює системну політику запобігання надзвичайним ситуаціям із документами в усіх своїх підрозділах. Визначальним нормативним актом є директива 1561 «Records Emergency Preparedness and Recovery in NARA Facilities» (2002), яка була оновлена з урахуванням сучасних загроз, зокрема пожежних, техногенних, хімічних і біологічних ризиків. Документ визначає політику готовності до надзвичайних ситуацій і розробленні планів реагування та відновлення в усіх установах Національного архіву задля запобігання втрат або мінімізації пошкодження документів у разі виникнення надзвичайної ситуації, порядок реагування та відновлення документів з метою мінімізації втрат. Система базується на ризик-орієнтованому підході, що включає оцінку вразливостей будівель і сховищ, пріоритезацію життєво важливих документів, впровадження превентивних заходів і регулярне навчання персоналу, зокрема оцінку ризиків будівлі та місць зберігання документів, щоб визначити поточні умови і вразливі місця, які можуть вплинути на документи з часом; оцінку ймовірності ризиків; пріоритезацію документів для визначення їх цінності та вразливості носіїв інформації; визначення переліку життєво важливих діловодних документів NARA та вживання заходів для їх захисту; позначення на картах (схемах) локалізації документів і типу носіїв; вживання превентивних заходів для зменшення ризиків; розроблення плану відповіді на надзвичайну ситуацію (плану дій); ознайомлення та навчання персоналу на постійній основі плану дій у відповідь на загрози пошкодження документів. Такий підхід є релевантним для забезпечення

комплексної безпеки об’єктів цифрової інфраструктури в частині пожежних і техногенних аспектів [9].

Сучасні дослідження свідчать, що ефективність пожежної та техногенної безпеки на об’єктах критичної інфраструктури значно підвищується при комплексному поєднанні технічних і організаційних заходів. До таких заходів належать установка сучасних систем виявлення та гасіння пожеж, регулярне технічне обслуговування обладнання та інженерних мереж, розробка і відпрацювання планів реагування на надзвичайні ситуації, а також навчання та тренування персоналу, що забезпечує швидку і правильну реакцію під час інцидентів. Сучасні підходи також включають застосування інструментів штучного інтелекту, таких як системи прогнозування ризиків, моніторингу та автоматичного виявлення загроз. Використання таких цифрових технологій дозволяє оперативно виявляти потенційні небезпеки, оцінювати ймовірність їх реалізації та оптимізувати заходи щодо запобігання інцидентам [10, 11].

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру» від 16 листопада 2021 р. № 1982-IX // Відомості Верховної Ради України. – 2021.
2. Заславська Л. В. Правове забезпечення застосування цифрових технологій в умовах трансформації суспільства: монографія / Л. В. Заславська // Інформація і право. – 2023. – № 3 (46). – DOI: 10.37750/2616-6798.2023.3(46).287151.
3. Терлюк О. Я., Терлюк І. Я. Розвиток інформаційного суспільства: правові наслідки та виклики для публічного управління // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Юридичні науки. – 2025. – Т. 12, № 1 (45). – С. 258–265. – DOI: 10.23939/law2025.45.258.
4. Metin B., Özhan F. G., Wynn M. Digitalisation and cybersecurity: Towards an operational framework // Electronics. – 2024. – Vol. 13, No. 21. – Art. 4226. – DOI: 10.3390/electronics13214226.
5. Kareck T. et al. From incident to insight: Fire risk in modern data centers // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2026. – Vol. 100. – Art. 105890.
6. Кічата Н., Третьяков О. Аналіз ризиків реалізації техногенних загроз на об’єктах критичної інфраструктури // InterConf+. – 2024. – DOI: 10.51582/interconf.19-20.08.2024.029.
7. Berezutskyi V., Tokhtamysh T. Risks of critical infrastructures during war // Law and Innovation Society. – 2024. – DOI: 10.37772/2309-9275-2024-2(23)-5.
8. 8 ANSI/TIA 942 C Standard: Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers / Telecommunications Industry Association. – 2024.
9. Палієнко М. Архіви у викликах надзвичайних ситуацій: важливий досвід реагування // Архіви України. – 2024.
10. Onishchenko V., Sukhai S. Features of Organizational and Technical Measures to Increase the Level of Survivability and Explosion and Fire Safety of Potentially Dangerous Objects // Science and Technology Progress. – 2024. – URL: https://stp.ust.edu.ua/article/view/303184 (дата звернення: 04.03.2026).
11. Relationships between effective safety training, safety knowledge and personal protective equipment related behaviors among firefighters // Journal of Safety Research. – 2024. – Vol. 85. – P. 101–115. – DOI: 10.1016/j.jsr.2024.06.010.

УДК 614.8

АНАЛІЗ СТАНУ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ СИСТЕМАМИ ПОЖЕЖНОЇ АВТОМАТИКИ

***Андрій ГЕЛЕТЕЙ**, курсант інституту пожежної та техногенної безпеки,*
***Сергій БОНДАРЕНКО**, канд. техн. наук, доц.*
Національний університет цивільного захисту України

Індустрія центрів обробки даних зростає в геометричній прогресії, потроюючись кожне десятиліття. У 2020 році світовий ринок становив 187 мільярдів доларів, а до 2030 року очікується, що він становитиме 517 мільярдів доларів. Сьогодні в усьому світі налічується понад 8000 центрів обробки даних. Це колосальний бізнес, який продовжує інтенсивно розвиватися з року в рік.

Пожежі в центрах обробки даних трапляються рідко, але їх наслідки величезні. Пошкодження, які спричиняють втрату функціональності, можуть мати серйозні негативні наслідки для підприємств і громад.

Через це забезпечення протипожежного захисту центрів обробки даних вимагає унікального набору проектних рішень.

Велика пожежа, яка знищила центр обробки даних OVH-cloud у Страсбурзі навесні 2021 року, демонструє драматичні наслідки недостатньо захищеного об’єкта. Понад 65000 клієнтів не мали доступу до своїх даних протягом кількох днів, а вартість цього інциденту оцінюється у понад 100 мільйонів євро [1].

За даними Emerson Network Power, середня вартість простою центру обробки даних становить 7900 доларів США за кожну хвилину простою [2]. Важливо запобігти системному збою в разі несправності або принаймні швидко відновити роботу систем. Оскільки системи пожежогасіння будуть відрізнятися за ступенем, до якого вони мінімізують час простою у випадку надзвичайної ситуації, це важливий фактор загальної вартості володіння центром обробки даних при прийнятті рішення про впровадження системи протипожежного захисту.

Проектування системи протипожежного захисту для центрів обробки даних має відповідати ряду обов’язкових умов. Вона не тільки повинна забезпечувати ефективний захист, але також обмежувати побічний збиток від впливу вогнегасної речовини при активації на обладнання високої вартості всередині приміщення, а також звести до мінімуму та запобігати витоку речовини з системи зберігання та трубопроводів, який може бути спричинений аваріями чи зносом елементів системи. Центри обробки даних все частіше стають основою багатьох компаній, тому життєво важливо підтримувати їхню роботу. З огляду на різноманітність доступних варіантів і нещодавні зміни в екологічних нормах, що впливають на ринок

боротьби з пожежами, важливо ширше думати про те, як сьогоднішній вибір може вплинути на здатність зберегти безперервність діяльності в майбутньому.

Протипожежний захист центрів обробки даних (ЦОД) значно покращився за останні три десятиліття. Технології дозріли, щоб задовольнити вимоги ринку щодо рішень, які відповідають делікатному балансу властивостей, необхідних для підтримки безперервної роботи протягом усього терміну служби ЦОД.

Серед існуючих засобів гасіння пропонуються рішення, що можуть бути застосовані для захисту центрів:

- пожежогасіння з використанням технології водяного туману високого тиску (HPWM);
- газові системи гасіння чистим агентом 3M Novec 1230;
- системи гасіння діоксидом вуглецю;
- хладонові системи пожежогасіння з використанням HFC-227ea (FM-200) та HFC-125.

Системи гасіння водяним туманом – це тип систем, які використовують дистильовану воду та випускають її у вигляді дрібних крапель замість суцільного потоку.

При застосуванні системи HPWM для захисту центру обробки даних, залишаються актуальними наступні проблеми:

– перевищення рекомендованих порогових значення вологості в ЦОД;

– негативний вплив водяної пари та залишкової вологи на чутливу електроніку та дорогоцінні активи;

– наявність пошкоджень обладнанню ЦОД від тривалого впливу тепла та диму;

– тривалий час простою, пов'язаний з прибиранням після пожежі.

Протипожежна рідина 3M Novec 1230 є безпечною, стійкою альтернативою інертним газам, хладонам, водяному туману та CO_2. Вогнегасна рідина Novec 1230 має високі показники продуктивності, одночасно, на відміну від вуглекислоти та хладонів, вона безпечна для людини та навколишнього середовища. Рідина Novec 1230 має нульовий потенціал руйнування озонового шару та потенціал глобального потепління менше одиниці, що призводить до зниження впливу на клімат більш ніж на 99% порівняно з хладонами, що звільняє її від обмежень щодо кількості «парникових газів», встановлених Кіотським протоколом. Вогнегасні агенти особливо підходять для центрів обробки даних, оскільки вони не є електропровідними, а швидко та чисто випаровуються, не залишаючи наслідків після спрацьовування системи пожежогасіння. Рідина Novec 1230 не завдає шкоди електроніці чи іншим цінним активам і може безпечно використовуватися на обладнанні під напругою,

допомагаючи забезпечити безперервність роботи. Насправді рідина Novec 1230 має найвищу діелектричну міцність з усіх чистих засобів. Це робить її першокласною протипожежною рідиною для використання в широкому діапазоні морських і наземних застосувань, захищаючи приміщення, в яких перебувають люди, або критично важливе майно.

Основна перевага вуглекислого газу полягає в тому, що цей засіб не залишає слідів після використання. Це може бути суттєвим фактором, коли потрібен захист делікатного та дорогого електронного обладнання. Вуглекислотні системи пожежогасіння призначені для використання при пожежах класів B і C. Концентрація, необхідна для гасіння пожежі, зменшує кількість кисню в осередку вогню, і її слід використовувати з обережністю при викиді в замкнутий простір особливо якщо там присутні люди. Однак для того, щоб створити в приміщенні необхідну для успішного гасіння концентрацію газу, потрібне герметичне приміщення. Отже, структурний захист від надлишкового тиску повинен бути створений для підтримки цілісності приміщення. Крім того, якщо система спрацьовує, вентиляція і, як наслідок, сервери повинні бути відключені, що не відповідає інтересам операторів ЦОД через відсутність охолодження.

Існує кілька чистих вогнегасних засобів, подібних до галонових агентів тим, що вони не проводять електричний струм, не викликають корозії та випаровуються після використання, не залишаючи слідів. Ці вогнегасні речовини призначені для гасіння пожеж класу A, а також класу B і C, що робить їх цілком придатними для використання при пожежах в електронному обладнанні. Під час викиду ці агенти перебувають у формі газу/туману або рідини, яка швидко випаровується після викиду. Певною мірою сильні повітряні потоки можуть ускладнити гасіння, спричинивши швидке розсіювання агенту. Вогнегасні речовини чистого типу не мають шкідливого впливу на земний озон, тому вони більш доступні, ніж вогнегасники хладонового типу. Потенціал глобального потепління (GWP) хладону HFC-227ea (FM-200) становить 3220. Це означає, що він у 3220 разів сильніший за CO_2 у своєму впливі на клімат.

Проведений аналіз показав, що на долю систем газового пожежогасіння припадає 22% об’єктів, обладнаних пожежною автоматикою, серед яких це в основному банки та торгівельно-розважальні комплекси. Це свідчить, про високу популярність газовим систем при захисті електронного обладнання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Paulwitz R. How sustainable fire protection in data centres succeeds // International fire protection September 2023 p. 37 – 40
2. Graeme L. Flexible fire protection can help drive the world’s digital future // International fire protection, March 2024 p.33-34

УДК 614.84:004.896

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ РИЗИКІВ ТА ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ

***Віталій ЯКОВЧУК**, викладач кафедри безпілотних систем та робототехніки,*
***Василина КАЧОР**, курсантка навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сучасні воєнні ризики та зростання кількості техногенних загроз суттєво ускладнюють забезпечення пожежної безпеки на території держави. Руйнування об’єктів критичної інфраструктури, ураження промислових підприємств, складів паливно-мастильних матеріалів і енергетичних установок призводять до масштабних пожеж, вибухів та вторинних аварій. За таких умов традиційні підходи до реагування пов’язані з підвищеним ризиком для особового складу підрозділів ДСНС та інших служб. У зв’язку з цим актуалізується необхідність впровадження роботизованих комплексів як інструменту мінімізації ризиків, підвищення оперативності реагування та ефективності ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Однією з ключових проблем забезпечення пожежної безпеки в умовах воєнних загроз є високий рівень небезпеки для рятувальників. Повторні ракетні удари, детонація боєприпасів, руйнування несучих конструкцій та наявність невідомих вибухонебезпечних предметів створюють середовище з підвищеним ступенем ризику. Додаткову загрозу становлять витоки токсичних речовин, задимлення великої інтенсивності та можливе радіаційне або хімічне забруднення. У таких умовах безпосередній доступ особового складу до осередку пожежі без попередньої дистанційної оцінки ситуації може призвести до значних втрат.

Суттєвою проблемою є також обмеженість оперативної розвідки. Після ураження об’єкта необхідно у найкоротший термін визначити площу займання, локалізацію температурних осередків, ступінь пошкодження конструкцій та наявність небезпечних факторів. Традиційні методи збору інформації передбачають фізичне обстеження території, що потребує часу та створює додаткові ризики. Затримка в отриманні достовірних даних ускладнює прийняття управлінських рішень і може сприяти поширенню пожежі або виникненню вторинних вибухів.

Окремої уваги потребує проблема ускладненого доступу до осередків займання. Руйнування дорожньої інфраструктури, завали, пошкодження інженерних мереж та нестабільність конструкцій нерідко

унеможливлюють використання стандартної пожежної техніки. Особливо це стосується великих промислових об’єктів, нафтобаз, складських комплексів та енергетичних установок, де пожежі мають значну інтенсивність і можуть супроводжуватися вибухонебезпечними процесами.

Разом із тим в Україні та інших державах наявні технологічні рішення, що дозволяють мінімізувати зазначені ризики, однак їх застосування поки що не має системного характеру. Відсутність комплексного підходу до інтеграції роботизованих систем у структуру цивільного захисту, недостатній рівень нормативного регулювання та обмежене фінансування стримують масштабне впровадження таких технологій у практику пожежної безпеки.

З огляду на зазначені проблеми доцільним є системне впровадження безпілотних літальних апаратів для проведення первинної аеророзвідки. Оснащені тепловізійними та оптичними сенсорами, вони дозволяють оперативно визначати осередки займання, виявляти приховане тління, оцінювати масштаби руйнувань та формувати цифрові карти пожежі. Отримані дані можуть передаватися в режимі реального часу до штабу ліквідації надзвичайної ситуації, що забезпечує прийняття обґрунтованих рішень без залучення особового складу до небезпечної зони на початковому етапі [1].

Не менш важливим є застосування наземних роботизованих комплексів у зонах підвищеного ризику. Такі платформи можуть здійснювати подачу води або піноутворювача, проводити розвідку всередині зруйнованих приміщень (рисунок 1), вимірювати концентрацію небезпечних речовин, а також транспортувати обладнання або проводити евакуацію потерпілих. Їх використання доцільне в умовах можливого обвалу або хімічного забруднення, коли перебування людини є критично небезпечним. Застосування роботизованих систем дозволяє локалізувати пожежу на початкових етапах без ризику для рятувальників.



Рисунок 1 – БпНРК в умовах ліквідації пожежі складських приміщень

Структурним напрямом розвитку є інтеграція роботизованих комплексів у єдину систему управління силами цивільного захисту. За використання цифрової платформи Delta з передачею даних у режимі реального часу, використання геоінформаційних систем та автоматизованих алгоритмів аналізу обстановки дозволять підвищити ефективність координації між підрозділами. Такий підхід сприятиме більш раціональному розподілу ресурсів та скороченню часу реагування.

Важливим аспектом є формування нормативно-правової бази, що регламентуватиме порядок застосування роботизованих комплексів, обгрунтування їхніх технічних характеристик, умови експлуатації та підготовки персоналу. Розроблення стандартів і методичних рекомендацій забезпечить уніфікованість підходів та підвищить рівень безпеки під час використання новітніх технологій. Паралельно необхідно впроваджувати спеціалізовані програми підготовки операторів безпілотних і наземних роботизованих систем різного типу використання та функціоналу з урахуванням специфіки роботи в умовах воєнних дій.

Окрім того є потреба у впровадження елементів автономності та алгоритмів інтелектуального аналізу даних. Автоматичне виявлення температурних аномалій, прогнозування поширення пожежі та визначення безпечних маршрутів для роботизованих платформ дозволять скоротити час реагування та мінімізувати вплив людського фактору[2,3]. Це особливо актуально в умовах обмеженого часу та складної оперативної обстановки.

Таким чином, роботизовані комплекси мають значний потенціал для трансформації системи пожежної безпеки в умовах воєнних ризиків та техногенних загроз. Їх системне впровадження сприятиме зниженню рівня травматизму серед особового складу, підвищенню оперативності реагування, точності оцінки обстановки та ефективності ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. У сучасних умовах застосування роботизованих систем є не лише інноваційним напрямом розвитку, а й необхідним елементом забезпечення безпеки держави та населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kaluzhniak, I. I., Gavryliuk, A. F., & Freiuk, D. V. (2025). ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПЛА ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ. Пожежна безпека, 47, 52-60.
2. Voytovych, D. P., & Sukach, R. Y. (2025). МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА. Пожежна безпека, 47, 34-40.
3. Даник Ю. О., Кіріченко Д. О. Застосування систем штучного інтелекту для вирішення проблем пожежної безпеки. Mechanics and mathematical methods. 2025. № 7/1. P. 152–172.

УДК 614.8

ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ШАРУ ОБВУГЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ

***Олександр ДЕРЕВ'ЯНКО**, канд. техн. наук, доц.,*
***Давид МІРОШНИЧЕНКО**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Відомо, що при дослідженні та складанні висновків про причину пожежі одним з головних питань є встановлення осередку пожежі, який часто встановлюють шляхом суб'єктивної оцінки величини руйнування, деформації та згорання тих чи інших конструкцій, матеріалів [1]. Найбільш часто горючою навантагою, яка потрапляє в зону горіння та теплового впливу є деревина.

Зрозуміло ступень (глибина) перегорання деревини H залежить від умов горіння, але якщо умови горіння (вид деревини, вологість, кількість окиснювача) у конкретному випадку є більш-менш однаковими, то осередкові ознаки у вигляді ступеня перегорання деревини H будуть в основному залежати від часу горіння та температури горіння. Таким чином при дослідженні пожеж оцінка значення H дає можливість визначити набор параметрів які дозволяють охарактеризувати глибину обвуглювання як

$$H=F(\tau,T) \qquad (1)$$

де: τ – тривалість піролізу деревини, T – температура піролізу, K.

Відомо, залежність глибини обвуглювання деревин H від тривалості її піролізу температури, може бути виражена рівнянням Арреніуса для хімічної реакції нульового порядку, яка після підстановки експериментально визначених коефіцієнтів має вигляд:

$$\ln (H/\tau) = 2{,}01 - 1730/ T, \qquad (2)$$

та графічно може бути представлено лінійною залежністю (рис. 1).

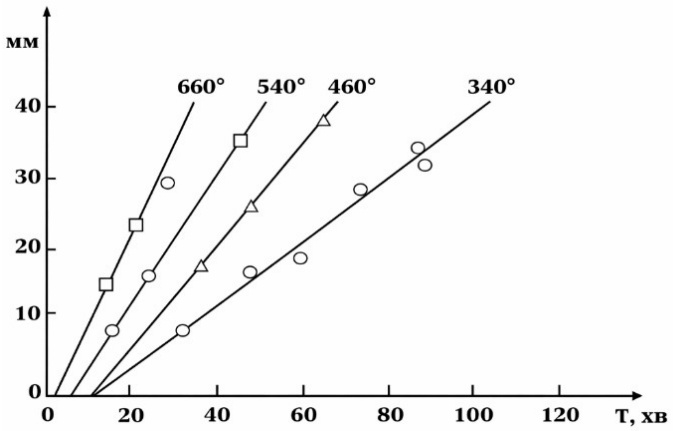


Рисунок 1 – Глибина обвуглювання деревини

Таким чином, вимірювання глибини обвуглювання деревини при знанні температури горіння в однорідних умовах дає можливість визначити час горіння, що дає можливість визначити осередкові ознаки пожежі.

На сьогодні оперативне одержання кількісних показників ступеню перегорання деревини за допомогою вимірювальних засобів є актуальною задачею, яка потребує практичної реалізації, оскільки такі оцінки на сьогодні у більшості випадків здійснюються лише суб’єктивно.

Відомо метод вимірювання глибини обвуглювання деревини, що проводиться методом пенетрації (проникання). Робиться це за допомогою будь-якого гострого металевого предмета, наприклад, шила, цвяха, спиці. Недоліком є те, що не можна отримати результат виміру з високою точністю. Також відомий метод вимірювання глибини обвуглювання за допомогою колумбуса- штангенциркуля-глибиноміра. Вимірювання глибини обвуглювання залежить від сили, яку прикладають для пенетрації.

Розроблено конструкцію (рис. 2), в якій головну роль грає металева спиця, з нанесеною шкалою вимірювання та ударний механізм з пружиною.

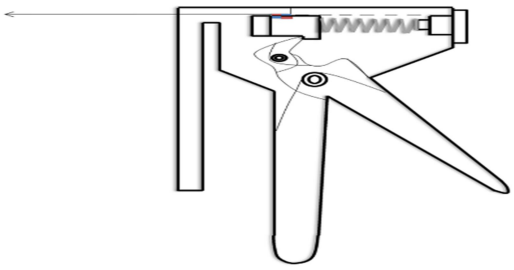


Рисунок 2 – Прилад для вимірювання товщини шару обвуглювання деревини

Для приведення в дію пристрою, рукоять зведення або курок, який працює від фізичного впливу, пустить у хід взводітель, який в свою чергу буде стискати пружину. Пружина, ступінь стиснення якої регулюється спеціальним гвинтом, забезпечить необхідну силу удару спиці для введення її в дерев'яну конструкцію. Амортизатор пом'якшує віддачу при пострілі. Під час використання приладу можна точно визначити глибину прогару та зробити висновки про спрямованість поширення вогню, а також про місце розташування осередку пожежі.

Впровадження пристрою дасть змогу швидко, зручно та якісно провести заміри глибини обвуглювання деревини при огляді місця пожежі, з подальшим виконанням робіт з експертних досліджень у справах про пожежі для представлення про спрямованість поширення вогню, а також про місце розташування осередку пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дерев’янко О.А., Олійник В.В.Дослідження пожеж. Черкаси,НУЦЗУ, 2025.- 131 с.

УДК 616.314-089.23:615.461

СИЛІКОФОСФАТНІ ПОКРИТТЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ ВИРОБІВ: ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

***Яна ГОНЧАРЕНКО**, канд. техн. наук, старший викладач,*
***Назар ЮРЕЦЬ**, курсант навчально-наукового інституту*
інженерної та спеціальної підготовки
Національний університет цивільного захисту України

Підвищення вогнестійкості текстильних матеріалів є одним із ключових завдань у сфері пожежної безпеки, оскільки саме текстиль є одним із перших елементів, що вступає в контакт із відкритим полум'ям або джерелами теплового впливу. Легкозаймистість багатьох волокон, їхня здатність швидко поширювати полум'я та утворювати небезпечні продукти горіння створює підвищений ризик для людей і майна. Актуальність цього питання суттєво зростає в умовах війни, коли об'єкти інфраструктури, житлові будівлі, транспортні засоби та захисне спорядження піддаються підвищеному ризику загорянь унаслідок обстрілів, пожеж, вибухів та дії високих температур. Текстильні матеріали, які використовуються у формі рятувальників і військових, технічних тканинах, укриттях і амуніції, мають забезпечувати високу стійкість до полум'я й теплового впливу. Розроблення ефективних методів підвищення вогнестійкості текстилю є необхідною умовою забезпечення належного рівня безпеки в різних галузях діяльності.

Традиційні органічні антипірени, незважаючи на широке застосування, мають низку суттєвих недоліків: вони утворюють токсичні продукти під час термічного розкладу та часто виявляють недостатню довговічність у процесі експлуатації, особливо під дією вологи, ультрафіолетового випромінювання або багаторазових нагрівальних циклів. Такі матеріали нерідко втрачають ефективність з часом, що знижує рівень пожежної безпеки текстильних виробів.

Силікофосфатні покриття – це неорганічні композиції, які здатні формувати міцний теплоізоляційний шар, який не лише перешкоджає займанням, а й суттєво зменшує інтенсивність теплового потоку на поверхню матеріалу. У процесі нагрівання такі покриття утворюють стабільну бар'єрну структуру, яка зберігає свої властивості навіть за екстремальних температур. Крім того, силікофосфатні системи відзначаються хімічною інертністю, стійкістю до дії вологи, механічною міцністю та екологічною безпечністю. Поєднання цих властивостей робить їх ефективним рішенням для підвищення вогнестійкості текстильних матеріалів різного функціонального призначення – від побутових та

спеціальних тканин до технічного текстилю, що використовується у складних експлуатаційних умовах.

Дія силікофосфатних покриттів ґрунтується на синергетичному ефекті силікатних та фосфатних компонентів, які на поверхні утворюють неорганічну гелеподібну структуру. Під час нагрівання матеріалу відбуваються стадії дегідратації та структурної перебудови, у результаті чого формується термостійкий шар, що виконує функцію теплоізоляційного бар'єра: зменшує теплоперенесення до основного матеріалу, уповільнює його прогрівання та обмежує доступ кисню.

Експериментальні дослідження показують, що введення фосфатних компонентів у силікатні композиції сприяє утворенню хімічних зв'язків у силоксановій структурі, що підвищує механічну цілісність захисного шару та його термостійкість під час впливу полум'я. Фосфатні компоненти пригнічують процеси горіння, знижують інтенсивність термічного розкладу текстильних матеріалів, зменшують втрати маси та сповільнюють поширення полум'я.

Серед ключових переваг силікофосфатних покриттів виділяють їхню неорганічну природу, що забезпечує високу термостійкість та значно знижує утворення токсичних продуктів під час нагрівання порівняно з традиційними органічними антипіренами. Висока адгезія до волокон різної хімічної природи дозволяє забезпечити надійне зчеплення покриття з матеріалом, а утворення міцних хімічних зв'язків між покриттям і текстильною основою гарантує стійкість виробів до багаторазового прання та експлуатації, що значно перевищує показники водорозчинних органічних антипіренів.

Можливість регулювання складу покриття – співвідношення силікатних і фосфатних компонентів, кислотності середовища та введення добавок-модифікаторів – дозволяє оптимізувати структуру покриття та його функціональні властивості під конкретний тип текстильного матеріалу, умови експлуатації та вимоги до вогнезахисту.

Силікофосфатні покриття мають значний потенціал у технологіях вогнезахисту текстильних матеріалів, забезпечуючи ефективний захист до впливу високих температур і полум'я. Перспективним напрямом є розроблення модифікованих силікофосфатних систем, які здатні одночасно надавати текстильним виробам хімічний та вогнезахист у умовах техногенної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Skorodumova O., Tarakhno O., Chebotareva O., Bajanova K. Silicon protective coatings for textile materials based on liquid glass // Problems of Emergency Situations. 2022. Vol. 1, № 35. P. 109–119. DOI: 10.52363/2524-0226-2022-35-8

УДК 614.8.084

МІНІМІЗАЦІЯ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ НА АЗС ЧЕРЕЗ ПОЄДНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ОБІЗНАНОСТІ ГРОМАДЯН

***Олександра ПЕКАРСЬКА**, викладач кафедри цивільного захисту,*
***Софія БУРА**, курсант Навчально-наукового інституту цивільного захисту*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

За останні роки чисельність автомобілів в Україні суттєво зросла. Ця тенденція зберігається і надалі, що об'єктивно зумовлює підвищений попит на розбудову мережі автозаправних станцій (АЗС). Забезпечення пожежної безпеки на об'єктах зберігання нафтопродуктів є одним із пріоритетних завдань у сфері цивільного захисту, що безпосередньо впливає на безпеку життєдіяльності населення в умовах щільної забудови міста. Автозаправна станція (АЗС) – комплекс будинків, споруд, технологічного обладнання, призначений для приймання, зберігання моторного палива та заправлення ним автотранспорту. Згідно з Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки», експлуатація таких споруд вимагає суворого дотримання інженерних регламентів, оскільки аварії на них супроводжуються вибухами пароповітряних сумішей, інтенсивним тепловим випромінюванням та викидом токсичних продуктів горіння.

Ситуація ускладнюється в умовах сучасної ущільненої забудови, де через дефіцит земельних ресурсів АЗС опиняються у безпосередній близькості до житлових будинків, що створює загрозу виникнення «ефекту доміно» при пожежі. Важливою складовою техногенної небезпеки у Шевченківському районі міста Львова, є висока концентрація об'єктів, що характеризуються підвищеним рівнем вибухопожежної небезпеки. Основний ризик цих об'єктів пов'язаний із постійним зберіганням та обігом значних об'ємів легкозаймистих рідин та зрідженого вуглеводневого газу в межах густонаселених кварталів.

Розташування АЗС уздовж таких магістралей, як вулиця Липинського, вулиця Богдана Хмельницького та проспект Чорновола, несе серйозну небезпеку, оскільки значна частина цих об'єктів знаходяться у критичній близькості до житлових будинків. Це створює пряму загрозу життю людей, адже у разі розгерметизації резервуарів або виникнення пожежі, уражаючі фактори (вибухова хвиля та теплове випромінювання) миттєво поширюються на сусідні житлові будинки та громдські споруди. Крім того, згідно з Постановою КМУ №1030, [2] більшість таких об'єктів ідентифікуються як об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН) 1-го або 2-го класу. Найбільш критичним сценарієм є вибух пароповітряної суміші, що через високу щільність населення та постійні транспортні затори на

основних вулицях робить процес негайної евакуації населення надзвичайно складним.

Відповідно до вимог ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій», [3] відстань від підземних резервуарів АЗС до стін житлових і громадських будівель має становити не менше ніж 25 метрів. Також проєктування автомобільних газозаправних станцій (АГЗС) вимагає суворого дотримання ДБН В.2.5.-20:2018 «Газопостачання», [5] оскільки зріджений газ має високу здатність до утворення вибухонебезпечних сумішей навіть при незначних витоках. Проте, аналіз містобудівної ситуації свідчить, що багато об'єктів мають порушення норм ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», [4] де відстань до вікон житлових будинків подекуди становить менше 25-30 метрів. Найчастіше це є наслідком інтенсивного ущільнення житлової забудови, коли нові житлові комплекси зводилися впритул до вжже функціонуючих заправних станцій.

Основними технічними заходами, що дозволяють мінімізувати небезпеку в умовах обмеженого простору, є:

— Використання ємностей, де міжстінний простір заповнюється інертним газом або рідиною з постійним моніторингом тиску. Це забезпечує раннє виявлення мікротріщин та витоків палива, запобігаючи його потраплянню у ґрунт і підвали навколишніх будинків.

— Впровадження технологій, що забезпечують повернення випарів палива з баків автомобілів та автоцистерн назад у резервуари. Це значно знижує загазованість приземного шару атмосфери поблизу житлової забудови.

— Встановлення вогнеперешкоджувачів на всіх дихальних лініях та технологічних трубопроводах, що гарантує захист резервуарів від проникнення полум'я всередину системи.

— Встановлення глухих негорючих перешкод з межею вогнестійкості REI 150 у місцях, де неможливо витримати нормативну відстань до вікон сусідніх будинків [7].

Особлива увага приділяється системам автоматичного захисту. Згідно з ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», [6] АЗС повинні бути обладнані автоматичними установками пожежогасіння (АУПГ) над паливороздавальними колонками (ПРК), системами раннього виявлення надзвичайних ситуацій та автоматичною сигналізацією, що інтегрована з аварійним відключенням живлення насосів.

Критичним аспектом забезпечення безпеки в умовах щільної забудови Шевченківського району є суб'єктивна готовність мешканців до дій у разі виникнення надзвичайної ситуації на АЗС. Оскільки уражаючі фактори (вибухова хвиля та токсичне задимлення) поширюються миттєво, традиційні методи оповіщення можуть бути недостатніми [8]. Необхідне впровадження адресних систем інформування для жителів конкретних

будинків, що межують з об’єктами підвищеної небезпеки. Навчання населення [1] має включати не лише загальні правила цивільного захисту, а й специфічні алгоритми: порядок екстреної евакуації при заторах на магістральних вулицях (Липинського, Чорновола), правила герметизації приміщень при викиді парів нафтопродуктів та надання першої домедичної допомоги при термічних опіках.

Окрім технічних засобів захисту, ефективність цивільного захисту безпосередньо залежить від психологічної стійкості та обізнаності громадян, які проживають у зоні потенційного ураження. Важливим кроком є розробка інтерактивних планів евакуації, доступних через мобільні додатки або QR-коди. Це дозволить трансформувати населення з пасивного об’єкта небезпеки на активного учасника системи цивільного захисту, здатного до усвідомлених дій ще до прибуття перших підрозділів ДСНС. Такий людиноцентричний підхід у поєднанні з інженерними рішеннями (двостінними резервуарами та вогнеперешкоджувачами) дозволяє максимально знизити рівень техногенного ризику для громади міста.

Перспектива безпечного функціонування АЗС в умовах щільної забудови міста полягає у відмові від ізольованих технічних рішень на користь комплексної екосистеми цивільного захисту. Сучасний підхід вимагає не просто механічного дотримання нормативних відстаней, а створення динамічної моделі безпеки, де висока технологічність обладнання АЗС нерозривно пов’язана з цифровим моніторингом та високим рівнем підготовки населення. Лише за умови гармонізації інженерних регламентів із заходами превентивного навчання громадян можливо нівелювати загрозу «ефекту доміно» та забезпечити сталий розвиток міської інфраструктури. Таким чином, пріоритетом стає формування інтелектуального безпекового простору, де кожна ланка – від двостінного резервуара до обізнаного мешканця сусіднього будинку – працює як єдиний механізм захисту життя та здоров’я громади.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс України від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17 (дата звернення: 05.03.2026).
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 13.09.2022 № 1030. Деякі питання ідентифікації об’єктів підвищеної небезпеки. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1030-2022-п (дата звернення: 05.03.2026).
3. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. [Чинний від 2019-12-01]. Київ : Мінрегіон України, 2019. 190 с.
4. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Київ : Мінрегіон України, 2017. 43 с.
5. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. [Чинний від 2019-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2019. 120 с.
6. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2015-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2015. 138 с.
7. Веселівський Р. Б., Ковалишин В. В. Установка для визначення вогнезахисної здатності (ефективності) вогнезахисних покриттів та випробувань на

вогнестійкість малогабаритних фрагментів будівельних конструкцій // Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення : зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф., 13 грудня 2024 р. Львів : ЛДУБЖД, 2024. С. 115-117.
8. Hulida, E., Pasnak, I., Koval, O., & Tryhuba, A. (2019). Determination of the Critical Time of Fire in the Building and Ensure Successful Evacuation of People. Periodica polytechnica-civil engineering, 63(1), 308–316. https://doi.org/10.3311/PPci.12760.

УДК 614.8.086.2

УКРИТТЯ НАСЕЛЕННЯ В ОБ'ЄКТАХ ФОНДУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

***Владислав ЛОМАКІН**, викладач кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Початок повномасштабних бойових дій та систематичних обстрілів об'єктів інфраструктури в населених пунктах України з боку російської федерації у 2022 році виявив ряд суттєвих недоліків у питанні організації укриття населення в об'єктах фонду захисних споруд цивільного захисту, а також наявності вільного доступу до них [1, 2].

На території Сумської області у 2022–2023 роках здійснювався аналіз стану готовності об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту щодо укриття населення. До уваги було прийнято результати оперативних та щоквартальних обстежень об'єктів фонду. За підсумками аналізу виявлено низку суттєвих недоліків у забезпеченні укриття цивільного населення, серед яких можна виділити найбільш поширені, зокрема:

- об'єкти фонду захисних споруд цивільного захисту, що придатні для укриття населення, можуть укрити лише близько 15% населення області, що є досить низьким показником;
- ряд захисних споруд цивільного захисту зачинені, зруйновані, затоплені, знаходяться у вкрай незадовільному санітарному (технічному) стані або ж іншому стані, що унеможливлює укриття населення в них;
- більшість сховищ розташовані у промисловій зоні, підприємствах що зачинені та не працюють, а також на значній відстані від житлових масивів та місць з масовим перебуванням людей, внаслідок чого збільшується час руху до укриття;
- об'єкти фонду захисних споруд цивільного захисту використовуються силами оборони України для реалізації заходів щодо забезпечення національної безпеки і оборони країни, тому доступ до таких об'єктів у цивільного населення відсутній;

- відсутність об’єктів фонду захисних споруд цивільного захисту у місцях розташування приватних житлових будинків (селах, селищах, приватний житловий сектор у містах).

Наявний дисбаланс між місткістю споруд та максимальною кількістю населення зумовлює потребу у використанні розрахункового показника забезпеченості укриттям, що визначається як відношення фактичної місткості об’єкту фонду захисних споруд цивільного захисту до розрахункової густини населення населеного пункту або певного району міста. Такий показник може слугувати підставою для прийняття управлінських рішень щодо організації облаштування необхідної кількості найпростіших укриттів та будівництва захисних споруд.

Вимушений виклик, щодо необхідності швидкого укриття максимальної кількості населення в об’єктах фонду захисних споруд цивільного захисту призводить до початку нового будівництва захисних споруд цивільного захисту та комплексного освоєння підземного простору будівель і споруд шляхом облаштування найпростіших укриттів в будівлях різного призначення, зокрема:

- підземних переходах різного призначення;
- підземних складах;
- спорудах котлованного типу (автостоянках, паркінгах, гаражах, підземних торговельних центрах, підприємствах громадського харчування, магазинах);
- об’єктах підземного простору колишніх оборонних об’єктів та баз;
- підвальних та цокольних поверхах об’єктів цивільного і промислового призначення [3].

Участь територіальних органів, що реалізують державну політику у сфері цивільного захисту на етапі нарощення та будівництва об’єктів фонду цивільного захисту має консультативний характер, що обмежує можливості попереднього контролю відповідності захисних властивостей фактичним вимогам безпеки. Актуальним є удосконалення механізму експертної оцінки укриттів [4].

Враховуючи повномасштабне вторгнення країни-агресора та безпосередню необхідність захисту населення від обстрілів інфраструктури держави, у тому числі цивільної, різноманітними засобами озброєння, які постійно покращуються та модифікуються ворогом, існує потреба у постійному систематичному збільшенні кількості об’єктів фонду захисних споруд цивільного захисту населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Майборода Р.І., Отрош Ю.А., Ромін А.В. Проблемні питання захисту цивільного населення від небезпечних чинників артилерійського та ракетного вогню під час воєнних (бойових) дій: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations» (PES-2022). м. Харків: НУЦЗУ, 2022. С. 71–72.

2. Майборода Р.І., Рашкевич Н.В., Щолоков Е.Е, Отрош Ю.А. Доступність захисних споруд цивільного захисту для маломобільних груп населення: матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції. м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22-23 вересня 2022 р. С. 173–174.
3. Постанова КМУ від 10 березня 2017 р. № 138 «Деякі питання використання об’єктів фонду захисних споруд цивільного захисту». Вид. офіц.
4. Постанова КМУ від 13 квітня 2011 р. № 461 «Питання прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів». Вид. офіц.

УДК 678.4:539.3

ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ВІД ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИРОДНОГО ТА ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРУЖНО-СПАДКОВИХ ЗАХИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

***Микола ЛИСИЦЯ**, к.т.н., старший науковий співробітник,*
***Геннадій АГАЛЬЦОВ**, молодший науковий співробітник,*
***Аліна НОВІКОВА**, молодший науковий співробітник,*
***Євген КАЛГАНКОВ**, інженер першої категорії*
Інститут геотехнічної механіки НАН України,
***Наталія ЛИСИЦЯ**, асистент*
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

Зараз в Японії, Китаї, США, РФ, Канаді, Україні, Казахстані, Новій Зеландії, Італії та інших країнах для захисту машин, будівель і споруд від динамічних навантажень природного і техногенного характеру широко застосовуються гумові та гумометалеві вібросейсмоблоки.

Україна входить до зони сейсмічного ризику. Є велика ймовірність виникнення землетрусів з інтенсивністю від 6 до 9 балів. Крім природних землетрусів в Україні є досить сильні землетруси (до 5, 6 балів) техногенного походження. Так, у Криворізькому басейні в районах інтенсивного видобутку корисних копалин практикують вибухи, що призводять до локальних землетрусів та активізують такі небезпечні природно-техногенні процеси як обвали гірських порід, гірські удари, зсуви ґрунту тощо.

Система віброізоляції призначена для зниження динамічної реакції будівельних об’єктів та захисту їх від землетрусів; вона може застосовуватися для захисту будівель та споруд від промислових вібрацій, від динамічного впливу метрополітену, автомобільного та залізничного транспорту, а також від ударних хвиль від вибухів. Така система встановлюється між фундаментом та верхньою частиною конструкції будівлі (т.зв. суперструктурою за термінологією Єврокоду 8 [1]); при цьому суперструктура вважається повністю віброізольованою, якщо у разі сейсмічної ситуації вона залишається в межах пружності.

Розглянута система вібросейсмоізоляції складається з гумових елементів, що мають високі дисипативні властивості; вона включає в себе пристрої з обмеження переміщень верхньої частини конструкції будівлі та має стійкість до вітрових навантажень.

Вібросейсмозахист будівель та споруд дозволяє: знизити сейсмічні навантаження у 2-3 рази; зменшити відносні горизонтальні міжповерхові переміщення (перекоси поверхів); знизити кошторисну вартість будівництва на 3-6 %; зменшити матеріаломісткість (в основному за рахунок економії арматури та бетону) будівель; знизити трудомісткість будівництва на 4-6 %; розширити сферу застосування типових серій за рахунок забудови районів з підвищеною сейсмічності та техногенними впливами; при застосуванні сейсмоізоляції у багатоповерхових житлових будинках (9-27 поверхів) за рахунок зниження витрати бетону та арматури досягається економія від 35 тис. до 50 тис. дол. США на один житловий будинок.

В Україні збудовано та здано в експлуатацію 16 будівель: у м. Києві десятиповерховий комплекс із десяти будівель по вул. Михайла Бойчука з системою вібросейсмозахисту від впливу поїздів метро глибокого залягання та комплекс із трьох 27-поверхових будівель з системою вібросейсмозахисту від впливу поїздів метро та наземного транспорту по Оболонському проспекту; у м. Львові комплекс із трьох будівель з вібросейсмозахистом від залізничного транспорту по вул. Під Дубом. Наразі у м. Одеса розпочато будівництво двох 27-поверхових будівель на вул. Генуезькій із захистом від землетрусів (м. Одеса входить у зону ризику через близькість сейсмоактивної зони Вранча, що знаходиться в Румунії).

Для прикладу розглянемо вібросейсмоізоляцію житлового комплексу, що складається з трьох 27-поверхових будівель у м. Києві по Оболонському проспекту та знаходиться в зоні динамічного впливу поїздів метрополітену, автотранспорту та мікросейсмічних коливань. Будівельний майданчик розташований за 25-30 м від метро дрібного залягання (6-10 м); рух поїздів здійснюється звичайним (не віброізольованим) шляхом. Динамічні впливи під час руху одного поїзда в межах будівельного майданчика відбуваються за 15-20 секунд, двох зустрічних поїздів – за 40-50 секунд. При русі поїздів метро та автотранспорту вібрації ґрунту передаються конструкції будівель та викликають підвищені, близькі до резонансних коливання перекриттів, що у більшості випадків перевищують Санітарні норми.

Для захисту будівель від динамічних впливів природного та техногенного характеру фундаменти були виконані у вигляді монолітних залізобетонних ростверків на основі паль (палі діаметром 620 мм), висота плити ростверку прийнята 1200 мм.

В якості елементів вібросейсмозахисту були використані суцільні циліндричні деталі з гуми на основі натурального каучуку, які розроблені в інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. Для практичного застосування було виконано їх розрахунок, запатентовано

конструкцію та спосіб встановлення, розроблено конструкторську документацію, виготовлено та випробувано зразки чотирьох типів – діаметром 340, 400, 420 та 500 мм, висотою 50 мм. Були проведені такі випробування: статичні визначення жорсткості на стиск і зсув при різних навантаженнях; динамічні – визначення жорстких і диссипативних характеристик.



Рисунок 1 – Приклад вібросейсмоелементів що розроблялись, випробовувались та використовувались у будівництві

За результатами випробувань з метою зниження рівня вібрацій будівель була встановлена наступна система вібросейсмозахисту: на оголовок кожної палі перед бетонуванням плити ростверку встановлювався гумовий віброізолятор діаметром 500 мм і товщиною 50 мм. Також, для захисту конструкції ростверку та підвалів будівель від горизонтальних коливань ґрунту між зовнішніми поверхнями фундаментної плити, стінами підземних поверхів та ґрунтом зворотного засипання встановлювалася система віброізоляції у вигляді плит пінополістиролу товщиною 100 мм.



Рисунок 2 – Будівельний майданчик та будівлі що вже побудовані у м. Києві по Оболонському проспекту

Результати динамічних натурних випробувань на будівельному майданчику показали наступне: за відсутності системи віброзахисту розрахункові рівні вібрацій перекриттів перевищують допустимі значення в 1,5-4,0 рази (від 2,9 до 13,0 дБ). Для забезпечення комфортного проживання нормування рівнів віброприскорень надано в нормах згідно з [2].

Такі системи віброізоляції будівель дуже ефективні: розрахункова частота власних вертикальних коливань віброізольованих будівель знаходиться в межах 6,3-7,2 Гц, а горизонтальних коливань – 1 Гц. Це значно менше частоти вимушених коливань ґрунту за впливом поїздів метрополітену (20-80 Гц); у цьому випадку рівні вібрацій перекриттів не перевищують допустимих санітарних норм [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. *Eurocode 8*: Seismic design of buildings, worked examples, Publications Office of the European Union, 2012. Available: https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2022-06/EC8_Seismic_Design_of_Buildings-Worked_examples-annex_only.pdf
2. State Building Codes of Ukraine SBC B.1.1-12-2014. Construction in seismic areas of Ukraine 2014 (Kyiv: Ukraine)
3. Bulat A, Lysytsia M, Lapin V, Grebenyuk S, Marienkov M, Ahaltsov H, Novikova A, Kalhankov Y and Lysytsia N 2024 Development and implementation of vibroseismic protection of buildings and structures from external dynamic loads *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1348 012066 https://doi.org/10.1088/1755-1315/1348/1/012066

УДК 351.861

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

***Ігор НЕКЛОНСЬКИЙ**, канд. військ. наук*
Національний університет цивільного захисту України

В умовах збройної агресії рф зростає значимість спільних дій різнорідних сил (сили цивільного захисту, сили сектору безпеки і оборони, міжнародні організації тощо) під час виконання завдань при ліквідації пожеж та інших надзвичайних ситуацій (НС) спричинених обстрілами цивільної інфраструктури. Це потребує системного підходу щодо дослідження системи управління з урахуванням сучасних еволюційних процесів розвитку форм і способів застосування відповідних формувань [1]. Незамінним методом дослідження функціонування складних процесів є моделювання.

Для дослідженні організаційної структури системи управління процесом ліквідації наслідків НС пропонується використати мультигентну [2,3] та структурно-функціональну [4] концепції. Згідно з мультиагентною концепцією будь-яка складна система представляється у вигляді множини взаємопов'язаних і взаємодіючих агентів як активних елементів, що мають

свої локальні цілі та ресурси, які узгоджені з глобальною метою системи та наявними загальними ресурсами. Використання структурно-функціональної концепції дозволяє здійснити перехід від одного об'єкта управління (надзвичайної ситуації) до іншого об'єкта (обсягу робіт, функцій, способів дій).

Поєднання мультиагентної та структурно-функціональної концепцій організації управління під час ліквідації наслідків НС дозволяє створити ефективну систему оперативного управління. Так в роботі [5] запропонована структурно-функціональна модель взаємодії, яка являє собою сукупність шести множин двох суб'єктів взаємодії: структурних елементів, функціональних елементів, завдань. Для дослідження моделі запропоновані методи формалізації та математичного моделювання. Введені елементи теорії графів, що дозволило відобразити зв'язність формальної моделі, наочним чином представити встановлені зв'язки між суб'єктами взаємодії.

Разом з тим, першочерговим у моделюванні процесу ліквідації наслідків НС є побудова системної моделі, яка дасть можливість пояснити та взаємопов'язати основні фази розвитку НС, процеси локалізації та ліквідації небезпечних факторів НС, ліквідації їх наслідків тощо.

В процесі моделювання визначено сім основних елементів, які утворюють модель системи ліквідації наслідків НС:

$$S = \{Z, A, L, F, R, V, T\}, \quad (1)$$

де Z – множина завдань при ліквідації наслідків НС; A – множина агентів, які беруть участь у ліквідації наслідків НС; L – множина зав'язків між агентами (функціональних підрозділів (ФП)), що утворюють множину оргструктур; F – множина функцій, що виконуються агентами; R – множина ресурсів, призначених для ліквідації наслідків НС; V – множина обсягів робіт, необхідних для ліквідації наслідків НС; T – множина технологій виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

З множини (1) можна утворити $S_{sub} = \frac{7!}{3!\cdot 4!} = 35$ окремих підсистем, що відображають ті чи інші властивості системи ліквідації наслідків НС, які, у свою чергу, можна об'єднати у п'ять груп (табл. 1).

Таблиця 1 – Складові системної моделі

Група	Підсистема (S_{sub})														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	ARZ	ARV	ARF	ART	ARL	AFZ	AFV	AFT	AFL	ALZ	ALV	ALT	AVZ	AVT	ATZ
B	RZV	RZF	RZT	RZL	RVF	RVT	RLV	RFT	RFL	RTL	-	-	-	-	-
C	FZV	FZT	FZL	FVT	FVL	FTL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	TVZ	TVL	TZL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	ZLV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Підсистеми групи A відображають роль ФП, їх професійних можливостей, у формуванні властивостей системи.

Підсистеми групи B розкривають роль ресурсного забезпечення у формуванні властивостей системи.

Підсистеми групи C характеризують узгодження множини функцій з множиною завдань, обсягів робіт, технологій і оргструктур.

Підсистеми групи D характеризують узгодження множини технологій з множиною завдань, переліком робіт та оргструктур.

Підсистема групи E відображає узгодження множини завдань з множиною обсягів робіт та оргструктур, що виконують ці роботи.

Таким чином, представлена системна модель охоплює певний перелік організаційних проблем, які необхідно вирішувати органу управління в процесі ліквідації наслідків НС. Побудова такої моделі дозволяє класифікувати поточну фазу ліквідації наслідків НС та дає можливість на якісному рівні прогнозувати обстановку, оцінювати ресурси та способи дій, необхідні для реалізації того чи іншого плану дій.

Дослідження поведінки підсистем в умовах НС доцільно проводити з використанням методів динамічного моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Семененко О., Митченко С., Добровольський Ю., Ремез А., Ярмольчик М., Твердохліб Є. Еволюція форм і способів застосування угруповань військ (сил): тенденції збройної боротьби. Social Development and Security. 2024. 14(3), С. 33-52. URL: https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.3.3
2. 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.
3. Olga Konovalenko, Vitalij Brusentsev. 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
4. Гута С.С. Структурно-функціональна модель системи державного управління в умовах кризових ситуацій, зумовлених воєнно-політичними чинниками. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2020. № 2. URL: http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1578
5. Неклонський І.М. Модель взаємодії при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. V Міжнародна наукова конференція «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки», 15-16 квітня 2025 р. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 118–120. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25630

УДК 614

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМУ ВПЛИВІ ВНАСЛІДОК ОБСТРІЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

***Ігор МАЛАДИКА**, канд. техн. наук, доц.,*
***Оксана АКУЛОВА**, студентка факультету інформаційних технологій і систем,*
Черкаський державний технологічний університет
***Максим КУХАРЕНКО**, студент факультету FEIT (електротехніки та інформаційних технологій)*
Жилінський університет, Словаччина

Modern conditions of military operations significantly increase the risk of fires in buildings destroyed by shelling and blast waves. Such impacts lead to the ignition of structural materials, damage to engineering networks and power supply systems, which creates high thermal loads and poses a significant threat to the lives of people inside the premises. Fires caused by military operations have a number of characteristics: rapid spread of flames, intense smoke, localised temperature increases in certain parts of the building, and destruction of load-bearing structures.

Using traditional methods of fire hazard assessment based on normative calculations, it is difficult to calculate the dynamics of fire development, the spread of combustion products, and the behavior of people during evacuation. In this regard, the use of modern computer technologies for modeling fire and evacuation processes is particularly relevant, as they allow not only to predict dangerous scenarios, but also to select optimal solutions at the design stage of a building to improve safety.

The purpose of this study is to comprehensively assess the fire hazard of a building under the thermal impact caused by shelling, using FDS (Fire Dynamics Simulator) and Pathfinder computer modeling technologies. To achieve this goal, several tasks have been identified: to analyze the characteristics of the occurrence and development of fires as a result of shelling; to conduct research on the temperature impact on building structures using FDS; to determine the dynamics of flame propagation, temperature indicators, and the concentration of combustion products; to understand the process of evacuating people using the Pathfinder software tool, taking into account flow density, speed of movement, and behavioral characteristics. The object of the study is the process of fire development in a building under the influence of temperature loads, and the subject is fire hazard indicators and evacuation efficiency. This approach allows us to assess not only the overall danger to structures, but also the impact of thermal loads on human safety.

Pathfinder is used to assess evacuation efficiency, allowing us to simulate the movement of people, taking into account behavioral characteristics, flow density, and exit capacity. Integrating the results of the software tools allows us to determine the safe evacuation time and compare it with the required evacuation time, which is a key indicator for assessing the risk to people. The assessment of possible evacuation routes reveals risk factors, in particular bottlenecks at exits and rapid smoke filling of corridors, which significantly complicates the safe exit of people. In some scenarios, the time required for complete evacuation is close to the maximum permissible, which indicates the importance of considering the temperature impact of shelling when planning premises and evacuation routes.

The results obtained allow predicting the development of a fire and determining the critical time for evacuating people from buildings that are subject to intense temperature effects caused by shelling. The analysis shows that a sharp and localized increase in temperature, which is characteristic of explosive impacts, becomes a key factor in the formation of dangerous conditions inside premises. Such temperature loads contribute to the rapid accumulation of smoke, deterioration of visibility and the formation of conditions that threaten human health due to high temperatures and combustion products.

Computer modeling using FDS and Pathfinder can be considered an effective approach for the comprehensive assessment of fire hazards and evacuation processes under conditions of intense temperature exposure. Even at the theoretical level, the use of such tools makes it possible to analyze possible fire scenarios, evaluate the dynamics of temperature growth and smoke propagation, and assess their potential impact on evacuation conditions. The results of such studies can be used to develop recommendations for improving evacuation planning, optimizing building layouts, and enhancing fire safety measures in buildings located in areas where temperature impacts caused by shelling may occur.

REFERENCES

1. McGrattan K., Hostikka S., Floyd J., McDermott R. Fire Dynamics Simulator (FDS) Technical Reference Guide [Electronic resource] / National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg : NIST, 2020. Access mode: https://pages.nist.gov/fds-smv/ (date of access: 04.03.2026).
2. Pathfinder User Manual [Electronic resource] / Thunderhead Engineering. Manhattan, KS, 2021. Access mode: https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/ (date of access: 04.03.2026).

УДК 614.84

СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ ШЛЯХІВ ЕВАКУАЦІЇ З БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Лариса МАЛАДИКА, *канд. пед. наук, доц., доц. кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки,*
Ілля ТРОЯН, *курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Багатоповерхові будівлі в силу своєї специфіки мають велику ступінь потенційної пожежної небезпеки в порівнянні з будівлями меншої поверховості. Стрімке поширення пожежі по вертикалі значно ускладнює організацію евакуації та проведення рятувальних робіт. Продукти горіння швидко заповнюють евакуаційні шляхи, ліфтові шахти та сходові клітки. Вже за лічені хвилини будівля може виявитись повністю задимленою, що робить перебування людей у приміщеннях без засобів захисту органів дихання неможливим. Найінтенсивніше задимлення спостерігається на верхніх поверхах, де проведення евакуації потерпілих значно ускладнюється.

До конструктивно-планувальних рішень, спрямованих на забезпечення необхідних умов евакуації, в першу чергу відносять евакуаційні шляхи та виходи. Єдиними шляхами евакуації, які сполучають усі поверхи з безпосередніми виходами назовні, є сходи та сходові клітки. Тому вони повинні мати зручний зв’язок з поверхами і в той же час надійну ізоляцію від них [1]. Сходові клітки, в яких розміщуються сходи, в залежності від виконання поділяються на звичайні та незадимлювані. Незадимлювані сходові клітки передбачають в житлових та громадських будівлях заввишки 10 поверхів і вище, в будівлях з вибухонебезпечними та вибухопожежонебезпечними виробництвами незалежно від поверховості, в будівлях з пожежонебезпечними процесами висотою від планувальної позначки землі до відмітки підлоги верхнього поверху більше 30 м. Основною вимогою до незадимлюваних сходових кліток є те, що вони забезпечують умови перебування або переміщення людей впродовж декількох годин, необхідних для повної ліквідації пожежі.

Для наочної демонстрації та ґрунтовного аналізу конструктивних особливостей сходових кліток різних типів нами були застосовані можливості тривимірної графіки. 3D-візуалізація – процес створення об'ємного зображення, максимально наближеного до реальності. Головна перевага тривимірної візуалізації полягає в тому, що вона дозволяє створити макети реальних чи абстрактних об’єктів [2]. Існує низка різних програм для побудови тривимірних моделей. Для створення 3D-моделей

нами було обрано програму Blender. Зокрема, було створено моделі звичайних сходових кліток типів СК1 та СК2, незадимлюваних сходових кліток типів Н1, Н2, Н3, Н4.

Розроблені 3D моделі дають змогу наочно відобразити зовнішній вигляд, розміри та конструктивні особливості сходових кліток, що дозволяє детально проаналізувати вимоги щодо організації безпечної та своєчасної евакуації людей із багатоповерхових будівель у разі виникнення пожежі.

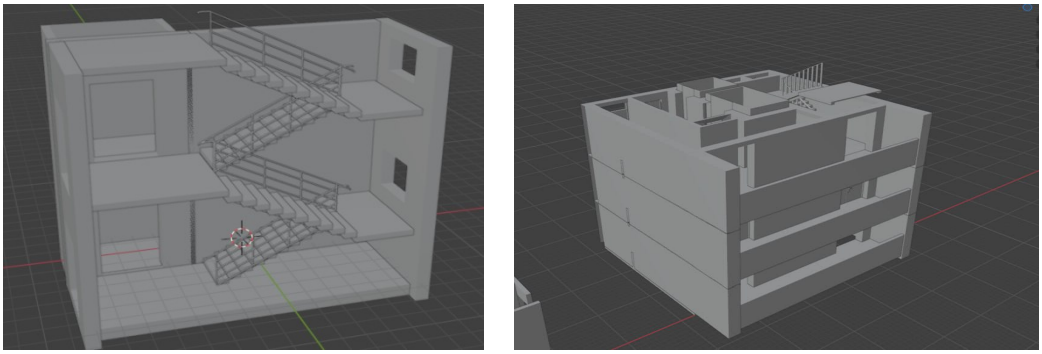


Рисунок 1 – Приклад моделювання сходових кліток типу СК1, Н1

У сфері пожежної безпеки 3D-моделювання доцільно застосовувати для створення детальних віртуальних моделей будівель і територій. Це дає можливість візуалізувати шляхи евакуації, розташування протипожежного обладнання, а також змоделювати поширення вогню та диму в приміщеннях. Покроковий аналіз дозволяє оцінити ризики, спроєктувати системи протипожежного захисту та мінімізувати втрати без проведення небезпечних натурних експериментів.

Таким чином, можемо виокремити основні переваги 3D-моделювання:

– за допомогою сучасних програм можна візуалізувати будь-який об’єкт різної конструкції;

– процес візуалізації включає необмежену кількість виправлень;

– 3D-моделювання з великою точністю відображає необхідні розміри;

– рівень деталізації 3D-моделей є дуже високим, що дозволяє повноцінно змоделювати всі конструктивні особливості об’єкта.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги».
2. Інтерфейс програми Blender. Принципи тривимірної навігації. https://surl.li/lhhnxe

УДК 614.8

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА ОБ'ЄКТАХ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ

Лариса МАЛАДИКА, *канд. пед. наук, доц.,*
доц. кафедри державного нагляду у сфері
пожежної та техногенної безпеки
Національний університет цивільного захисту України

У комплексі профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей під час пожежі у будівлях з масовим перебуванням людей, особливо важливою є організація своєчасної евакуації. Заздалегідь необхідно передбачити умови для безперешкодної евакуації у разі виникнення пожежі, а також захисту людей від дії небезпечних факторів пожежі на шляхах евакуації. Зазначені заходи забезпечуються комплексом об'ємно-планувальних, конструктивних, інженерно-технічних рішень, які слід приймати з урахуванням призначення, ступеня вогнестійкості та поверховості будинку, кількості людей, що евакуюються [1].

Евакуювання людей під час пожежі – вимушене переміщення людей із зони можливого впливу небезпечних чинників пожежі [2]. До небезпечних чинників належать: підвищена температура, променеві теплові потоки, небезпечний вміст продуктів горіння та термічного розкладу; задимлення та втрата видимості тощо. Евакуація проводиться у визначеній послідовності. Насамперед слід організувати оповіщення осіб, які мають залишити небезпечну зону. Далі встановлюють маршрути виходу та визначають місце збору евакуйованих. Упродовж усього процесу здійснюється безперервний контроль за ходом евакуації, а в разі зміни обстановки дії коригуються. Також за необхідності потрібно організувати надання медичної допомоги постраждалим та забезпечити інформування осіб, які були евакуйовані.

Евакуаційні шляхи не повинні включати ділянки, що ведуть: через ліфтові холи і тамбури перед ліфтами у будинках зі сходовими клітками типів Н1 – Н4 та умовною висотою понад 26,5 м; через приміщення, виходи із яких повинні бути закриті, відповідно до умов експлуатації; транзитом через сходові клітки, коли площадка сходової клітки є частиною коридору; покрівлею будинку, за винятком: експлуатованого виду покрівлі, спеціально обладнаної ділянки покрівлі; через протипожежні завіси (екрани) [3].

Обмеження поширення пожежі в будинках досягається конструктивними та об'ємно-планувальними рішеннями, що включають застосування протипожежних перешкод, таких як стіни, перегородки, перекриття [3,4]. Це запобігає поширенню небезпечних чинників пожежі

між приміщеннями, поверхами, протипожежними відсіками та секціями, а також шляхами евакуації.

Своєчасне виявлення пожежі та оповіщення про неї забезпечується системами протипожежного захисту. Основне завдання таких систем - затримати поширення вогню і дати можливість мешканцям швидко і безпечно покинути будівлю [5]. Належне технічне обслуговування систем протипожежного захисту передбачає запобігання пошкодженням і несправностям, а також підтримання їх у постійному працездатному стані. Роботи з технічного обслуговування повинні проводитися організаціями, які мають відповідну ліцензію.

Для безпеки людей під час евакуації проєктуються окремі пожежобезпечні зони. Їх необхідно передбачати, якщо проєктними рішеннями не вдається забезпечити необхідний час евакуації людей з поверху. Такі зони розташовуються на шляхах евакуації у вигляді спеціально обладнаних приміщень всередині будівлі або на її покрівлі. Пожежонебезпечні зони повинні відгороджуватись протипожежними перекриттями і стінами. На входах у зони слід передбачати протипожежні тамбур-шлюзи з підпором повітря під час пожежі або передбачати підпір повітря безпосередньо в саме приміщення зони.

Пожежна безпека вимагає системного та відповідального підходу. Як свідчить проведений аналіз, максимальний рівень пожежної безпеки об’єктів з масовим перебуванням людей гарантований за умови дотримання таких вимог:

— забезпечення вогнестійкості конструкцій та будівель;

— облаштування протипожежних перешкод всередині будівель;

— дотримання протипожежних відстаней між будівлями;

— забезпечення можливості евакуації всім категоріям осіб, що знаходяться в будівлі, включаючи маломобільні групи;

— наявність пожежобезпечних зон на шляхах евакуації;

— обладнання будівель системами протипожежного захисту;

— створення умов для безперешкодного доступу пожежно-рятувальних підрозділів і подачі вогнегасних речовин до осередку пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.
2. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об`єктів будівництва. Загальні вимоги.
4. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
5. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.

УДК 614.8

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК СКЛАДОВА ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

***Ігор МАЛАДИКА**, канд. техн. наук, доц., завідувач кафедри,*
***Олександр ТИЩЕНКО**, д-р техн. наук, проф.,*
***Володимир ЦІКАНОВСЬКИЙ**, ст. викл. кафедри ГЗБКБЖД*
Черкаський державний технологічний університет, м.Черкаси

Розвиток інформаційного суспільства та збільшення кількості надзвичайних ситуацій природного й техногенного походження зумовлюють потребу у підготовці висококваліфікованих фахівців з цивільної безпеки. Сучасна освітня система орієнтується на цифрову трансформацію освітнього процесу, що передбачає впровадження інноваційних методик, використання віртуальних середовищ, електронних тренажерів, геоінформаційних систем і платформ дистанційного навчання.

Для спеціальності «Цивільна безпека» інформаційні технології виконують не лише допоміжну, а й безпосередньо професійно-практичну роль, оскільки діяльність фахівця пов’язана з аналізом інформації, прогнозуванням ризиків та ухваленням управлінських рішень у цифровому середовищі. Цифровізація управлінських процесів, моніторинг можливих ризиків, системи раннього сповіщення, геоінформаційні системи та автоматизовані платформи для координації дій під час надзвичайних ситуацій забезпечують ефективну взаємодію всіх учасників системи цивільного захисту.

Одним із перспективних напрямів є використання комп’ютерного моделювання для дослідження поведінки систем безпеки. Застосування симуляційного підходу дозволяє відтворювати процеси розповсюдження вогню, токсичних речовин, вибухових хвиль чи потоків води. Розробка інтерактивних електронних карт, які відображають просторове розміщення небезпек, дозволяє здійснювати оцінку територій з огляду на ймовірність їх потенційного прояву.

Геоінформаційні системи (ГІС) є ключовим інструментом для моніторингу, моделювання, прогнозування та ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Ці системи виявились ефективними для розв’язку задач планування та керування, що зустрічаються в різноманітних сферах діяльності. До методів функціонування ГІС можна віднести: перетворення інформації у задану координатну систему; поділ та характеристики даних за атрибутивними параметрами; просторове моделювання; автоматизація в побудові картографічних зображень. Результативність управління надзвичайними ситуаціями значно зростає завдяки застосуванню геоінформаційних систем. ГІС забезпечують можливість у реальному часі аналізувати просторове розповсюдження небезпечних чинників, моделювати ймовірні

сценарії розвитку подій і прогнозувати межі потенційного ураження з урахуванням рельєфу місцевості, погодних умов та гідрологічних характеристик території.

Такі інструменти є особливо цінними для підтримки управлінських рішень органів місцевого самоврядування, адже сприяють візуалізації даних і дозволяють оперативно оцінювати різні варіанти реагування. Такі підходи формують системне мислення, вчать ухвалювати рішення на основі аналітичних даних.

Сучасні інформаційні технології активно поєднуються з можливостями штучного інтелекту, що створює нові перспективи для розвитку професійної освіти. У сфері цивільної безпеки штучний інтелект використовується для автоматизованого виявлення небезпечних об'єктів на відеоматеріалах із безпілотників, аналізу даних щодо кліматичних і техногенних ризиків, прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій, а також підтримки прийняття управлінських рішень у кризових умовах, зокрема для ідентифікації постраждалих та інших завдань.

Цивільна безпека на сучасному етапі стикається з викликами гібридних загроз, воєнних конфліктів, кібернетичних атак та екологічних катастроф, що вимагає гнучких, комплексних підходів до захисту населення, інфраструктури, територій від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання, реагування та інтеграції міжнародних практик. За таких умов підготовка фахівців у галузі цивільної безпеки передбачає набуття необхідних компетентностей та базується на інноваційних методах подачі знань. Застосування інформаційних технологій є ключовим елементом підготовки фахівців з цивільної безпеки. Вважаємо найбільш перспективними наступні цифрові інструменти:

– геоінформаційні системи (ГІС) – для аналізу просторових даних, моделювання зон ураження, картування ризиків;

– 3D-симулятори та тренажери – для моделювання аварій, пожеж, евакуаційних процесів;

– програми аналізу ризиків і прогнозування НС– для практичного відпрацювання навичок оцінювання небезпек.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bondar S. I. Інформаційні технології як фактор підвищення якості професійної підготовки // Освіта і суспільство. – 2021. – №4. – С. 22–28.
2. Застосування систем штучного інтелекту для проведення пошуково-рятувальних робіт за допомогою БПЛА І. Маладика, М. Пустовіт, М. Кухаренко // Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». Черкаси, ЧІПБ, 2025 – с. 217-218.
3. Застосування БПЛА під час проведення пошуково-рятувальних робіт / І. Маладика, А. Биченко, О. Тищенко, Т. Бакатнюк // Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». Черкаси, ЧІПБ, 2024 – с. 78-79.

4. Маладика Л. В. Застосування хмарних технологій в умовах дистанційної освіти // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2023. – С. 222-224.

УДК 621.87:623.2]”364”

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВАЖКОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

***Юрій ФІЛІМОНОВ**, студент факультету гуманітарних технологій,*
***Сергій РОТТЕ**, канд. техн. наук, доц.*
Черкаський державний технологічний університет

Сучасні реалії війни та постійні атаки на цивільні об'єкти диктують нові реалії до застосування важкої інженерної техніки. Ця техніка створена на основі військових зразків, та призначена для ліквідації наслідків аварій в небезпечних ситуаціях та важкопрохідних місцях. Щоб розуміти особливості застосування наявного парку техніки, розглянемо основні типи такого транспорту.

1. Інженерні машини розгородження (IMP, IMP-2)

База: Танкове шасі, що забезпечує максимальну прохідність, захист екіпажу та стійкість до вибухів та іонізуючого випромінювання. що дозволяє застосовувати його в екстремальних умовах.

Функціонал: Машини створені спеціально для пробивання проходів у суцільних завалах (міських, промислових, лісових) та роботи в екстремальних умовах, включаючи високий рівень радіації.

Обладнання: Універсальний бульдозерний відвал, який може працювати в трьох режимах (прямий, грейдерний, двовідвальний), та телескопічна стріла-маніпулятор із захватом. Маніпулятор дозволяє акуратно розбирати завали, піднімати й відтягувати залізобетонні уламки, балки чи дерева масою до двох тон.

2. Важкі шляхопрокладачі (БАТ-2, БАТ-М)

База: Важкі багатоцільові гусеничні тягачі (БАТ-2 на базі МТ-Т, БАТ-М на базі АТ-Т).

Функціонал: Оперативне прокладання шляхів через руїни, засипання великих вирв, ровів, зрізання крутих схилів і масове розчищення території.

Обладнання: Потужний відвал зі змінною геометрією, розпушувач для роботи з мерзлим або дуже щільним ґрунтом (у БАТ-2) та кранова установка вантажопідйомністю до 2 тон.

3. Котлованні та траншейні машини (МДК-3, МДК-2М, БТМ-3)

База: Гусеничні транспортери-тягачі МДК-3 (машина дорожньо-котлована): Оснащена роторною фрезою з відцентровим метальником. Спеціально розроблено для роботи в грунтах різної щільності. Дозволяє

миттєво відкопувати величезні котловани для сховищ чи техніки. Спереду також має бульдозерний відвал.

БТМ-3: Використовує роторну багатоковшеву систему для швидкісного риття довгих траншей та відведення води чи небезпечних рідин.

4. Важкі гусеничні екскаватори (ЕО-4112А)

Функціонал: Виконання точкових і об'ємних земляних робіт, завантаження будівельного сміття, розбір зруйнованих конструкцій. Гусеничний хід дає низький питомий тиск на поверхню, що дозволяє машині працювати на нестабільних ґрунтах або поверхнях завалу.

Спецобладнання: Замість стандартного ковша для ліквідації аварій часто монтують гідромолоти (для дроблення бетонних плит, моноліту, асфальту, мерзлої землі) або грейферні захвати (для захоплення і витягування уламків з глибоких ям і траншей).

Практично вся ця військова інженерна техніка має герметизовані кабіни, системи фільтровентиляції та радіаційного захисту, що робить її незамінною при техногенних катастрофах.

1. Ліквідація наслідків у міській забудові (масштабні руйнування будівель та інфраструктури).

Специфіка: Робота в умовах обмеженого простору, ризик вторинних обвалів, наявність арматури, бетонних плит та пустот, де можуть знаходитись люди.

Застосування: ІМР-2 та важкі гусеничні екскаватори.

Особливості: Гусенична база дозволяє рухатися безпосередньо по завалах і гострих уламках, де колісна техніка миттєво втратить шини.

2. Аварії на радіаційно та хімічно небезпечних об'єктах (РХБЗ).

Специфіка: Високі рівні радіації, токсичні випари, високі температури, задимленість (нульова видимість).

Застосування: ІМР-2, БАТ-2, спеціальні броньовані версії екскаваторів.

Особливості: Це техніка першого ешелону. Завдяки герметичним кабінам, комбінованій танковій броні та системам фільтровентиляції (ФВУ) екіпаж може годинами працювати в епіцентрі зараження без дихальних апаратів. Це важливо в умовах регіонів, де є великі хімічні промислові потужності

3. Стихійні лиха: зсуви ґрунту, масові снігові замети, лісові пожежі.

Специфіка: Необхідність переміщення колосальних об'ємів маси (ґрунт, сніг, повалені дерева) на великих площах або протяжних маршрутах.

Застосування: Шляхопрокладачі БАТ-2, БАТ-М, котлованні машини.

Особливості: Завдяки змінній геометрії відвалу (двовідвальний або грейдерний режим), БАТ на ходу зрізає ґрунт, розчищає завали з дерев або снігу, прокладаючи шляхи зі швидкістю від 2 до 10 км/год. Це критично

для швидкого забезпечення переміщення колісних швидких чи легких рятувальних авто (САРМ-Л) до відрізаних населених пунктів.

4. Гідродинамічні аварії (прориви дамб, катастрофічні затоплення).

Специфіка: Перезволожений, нестабільний ґрунт, селеві потоки, необхідність термінового відведення води.

Застосування: Траншейні машини (БТМ-3), екскаватори на широких гусеницях.

Особливості: Гусеничне шасі забезпечують низький питомий тиск на ґрунт, що запобігає загрузанню. Траншейні машини використовуються для блискавичного створення обвідних каналів для відведення води або небезпечних рідин, а екскаватори – для намивання тимчасових захисних дамб.

5.Розмінування на деокупованих територіях.

Важливим аспектом застосування такого типу техніки є розмінування територій деокупованих територій для надання доступу комунальних служб до аварійних ділянок комунікацій з метою їх відновлення IMP-2 дозволяє швидко робити безпечні зони для швидкого доступу та відновлення комунікацій, що дає саперним групам ДСНС більш ретельно досліджувати територію на предмет вибухо небезпечних обє'ктів.

Необхідно окремо відмітити логістичні та експлуатаційні особливості такої техніки. Важку гусеничну техніку не можна просто відправити на місце аварії по асфальту – вона знищить дорожнє покриття, крім цього вона має низьку маршову швидкість. Її доставляють на спеціальних важких причепах (наприклад, тягачами МАЗ-537 з тралами, що вимагає додаткового часу на розгортання та завантаження/розвантаження).

Економіка та обслуговування: Це техніка з величезною витратою пального та складною гідравлікою. Її застосування виправдане лише тоді, коли масштаб руйнувань перевищує можливості колісної та легкої інженерної техніки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ ДСНС від 27.06.2013 № 432 (з основної діяльності) Про затвердження Настанови з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0432388-13#Text
2. Наказ ДСНС від 27.08.2025 № 1065 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ з ліквідації наслідків руйнування будівель та споруд із застосуванням аварійно-рятувальної (інженерної) техніки спеціального призначення та обладнання. https://zp.dsns.gov.ua/upload/2/4/6/8/5/4/1/metodicni-rekomendaciyi-28072025.pdf
3. ІНЖЕНЕРНА ТЕХНІКА ТА СПЕЦІАЛЬНІ МАШИНИ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ Харків 2012 Авторський колектив: О.М. Ларін; І.М. Грицина; Н.І. Грицина; А.Я. Калиновський; Б.І. Кривошей.

УДК 614.8-057.36:796.011

ФІЗИЧНА ПІДГОТОВКА ЯК СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

***Ярослав САПЕГІН**, студент факультету технологій, будівництва, та раціонального природокористування,*
***Сергій РОТТЕ**, канд. техн. наук, доц.*
Черкаський державний технологічний університет

Відповідно до встановлених порядків організації службової підготовки рятувальників, їх навчання передбачає комплексний розвиток професійних компетентностей. Щоб сформувати необхідні якості сучасного фахівця ДСНС, необхідно пройти функціональне, профільне, тактичне, фізичне навчання та підготовку з надання домедичної допомоги. Такий підхід відображає міждисциплінарний характер професійної діяльності рятувальника, де певний рівень фізичної форми фахівця виступає основою ефективного виконання аварійно-рятувальних робіт. Нормативно-правове регулювання підготовки фахівців служби цивільного захисту визначає фізичну підготовку як один із базових видів службової підготовки, спрямований на забезпечення готовності особового складу до виконання завдань будь-якого рівня складності.

Функціональне навчання фахівця спрямована на набуття знань і навичок у сфері нормативно-правового забезпечення службової діяльності, профільне – на формування готовності до практичного застосування теоретичних знань, тактичне – на розвиток умінь діяти під час ліквідації надзвичайних ситуацій, проведення аварійно-рятувальних робіт, гасіння пожеж та управління силами і засобами. Загальна фізична підготовка забезпечує базовий рівень фізичного розвитку, тоді як спеціальна фізична підготовка спрямована на формування прикладних фізичних якостей, необхідних безпосередньо для професійної діяльності.

Високий рівень фізичної підготовки безпосередньо впливає на швидкість і якість виконання професійних завдань, сприяє зменшенню ризику травмування, підвищує здатність діяти в умовах невизначеності та екстремальних навантажень. Фізично підготовлений фахівець здатний ефективніше підтримувати особисту працездатність упродовж професійної діяльності.

Професійна діяльність рятувальників характеризується тривалими фізичними навантаженнями, роботою в обмеженому просторі, використанням важкого спорядження та впливом психологічного стресу. У зв’язку з цим особливої актуальності набуває розвиток спеціальної витривалості, функціональної сили, координаційних здібностей та здатності виконувати фізичну роботу в умовах дефіциту часу.

Заняття фізичними вправами формують психологічну стійкість, дисциплінованість, надають додаткові вольові якості та здатність до самоконтролю, що є важливими характеристиками безпечної роботи рятувальника.

Дослідження у сфері здоров'я людини свідчать, що значна частина стану здоров'я залежить від способу життя, рівня рухової активності та систематичності фізичних навантажень. У цьому контексті фізична підготовка розглядається як безперервний процес, що супроводжує фахівця протягом усієї професійної діяльності та сприяє підтриманню працездатності, профілактиці професійних захворювань і підвищенню ефективності діяльності в екстремальних умовах.

Найважливішими для рятувальника є загальна і спеціальна витривалість, силові якості, швидкість реакції, спритність, координація у просторі та психофізична стійкість. Значення цих якостей визначається характером службових завдань, які можуть включати роботу на висоті, у водному середовищі, в умовах високих температур або підвищеного ризику. Крім того, на прояв фізичних якостей рятувальника впливають його самопочуття, рівень складності виконуваної роботи та т.ін.

Рівень загальної фізичної підготовки особового складу рятувальників визначається за результатами виконання певних затверджених нормативними документами контрольних вправ. Використання контрольних нормативів дозволяє об'єктивно оцінити фізичний стан, динаміку розвитку рухових якостей і готовність до виконання службових завдань.

Для курсантів ДСНС рівень загальної фізичної підготовки оцінюється комплексно, цей процес включає оцінку сили, витривалості та швидкості. Кожен заклад освіти розміщує на своєму сайті норми фізо. В одному з закладів вищої освіти з ЦЗ [1] необхідно здавати біг на 100 м, 1000 м, підтягування (чоловіки) або згинання та розгинання рук з упору лежачи (жінки).

Нормативи фізичної підготовки рятувальників ДСНС України (ЦЗ) регламентуються наказом МВС [2], та включають оцінювання силових, швидкісних та витривалих якостей (біг 3000 м, підтягування/віджимання, метання гранати, крім цього фахівці здають нормативи з виконання певних вправ, пов'язаних з професійною діяльністю).

Контрольні вправи для визначення рівня розвитку рухових якостей залишаються важливим інструментом оцінювання фізичної підготовленості. Для визначення сили використовуються підтягування, згинання та розгинання рук, жим гирі, підйом по канату та комплексно-силові вправи. Рівень швидкості оцінюється за результатами бігу на короткі дистанції, плавання, човникового бігу та подолання смуги перешкод. Витривалість визначається за допомогою бігу на середні та довгі дистанції, спеціальних вправ у воді та комплексних фізичних дій.

Спритність оцінюється через вправи, що передбачають швидку зміну рухових дій і подолання перешкод.

В умовах воєнного стану вимоги до фізичної підготовленості рятувальників істотно зростають. Збільшення кількості надзвичайних ситуацій воєнного та техногенного характеру, тривалість рятувальних операцій, необхідність роботи під час обстрілів і розбору завалів підсилюють значення витривалості, силової витривалості та здатності підтримувати працездатність упродовж тривалого часу. У таких умовах фізична підготовка інтегрується з психологічною та тактичною підготовкою, формуючи комплексну готовність до дій.

Психологічний аспект фізичної підготовки проявляється у формуванні стресостійкості, впевненості у власних можливостях, здатності діяти в умовах ризику та швидко відновлюватися після значних навантажень. Фізична тренованість сприяє зниженню рівня фізіологічного стресу, покращує контроль емоційних реакцій та підвищує ефективність діяльності в екстремальних ситуаціях. Саме тому сучасні програми підготовки передбачають поєднання фізичних вправ із моделюванням професійних ситуацій та елементами психологічної підготовки.

Сучасні підходи до організації фізичної підготовки передбачають індивідуалізацію програм, використання функціонального тренінгу, виконання вправ у спорядженні та моделювання реальних сценаріїв надзвичайних ситуацій. Такий підхід забезпечує прикладний характер підготовки та сприяє ефективному перенесенню сформованих фізичних якостей у професійну діяльність. Міжнародна практика також демонструє орієнтацію на комплексні тренувальні моделі, використання систем оцінювання навантаження та моніторингу фізичного стану.

Значно кращих результатів по досягненню необхідної фізичної форми дозволяють заняття різними видами спорту. Кожен вид спорту розвиває свої специфічні здатності. Так, наприклад, плавання зміцнює серцево-судинну систему, задіює усі групи м'язів; футбол, баскетбол, волейбол розвивають витривалість, швидкість, командну взаємодію; бокс, боротьба формують силу духу, дисципліну, витривалість.

Розвиток технологій відкриває нові можливості удосконалення фізичної підготовки. Використання цифрових засобів моніторингу фізичного стану, аналізу навантаження, контролю відновлення та прогнозування перевтоми дозволяє підвищити безпеку рятувальників, оптимізувати тренувальний процес і зменшити ризик травматизму. Технологічні рішення сприяють формуванню доказового підходу до планування фізичної підготовки та підвищенню її ефективності.

Таким чином, фізична підготовка рятувальників є системоутворювальною складовою професійної підготовки, що забезпечує готовність до виконання завдань у складних та небезпечних умовах. Її зміст визначається нормативно-правовими документами, сучасними

науковими підходами та реальними потребами практичної діяльності. Подальший розвиток фізичної підготовки пов'язаний із посиленням прикладної спрямованості, інтеграцією з психологічною підготовкою, використанням сучасних технологій та адаптацією до змін умов професійної діяльності, що особливо актуально в умовах воєнного стану, зростання кількості надзвичайних ситуацій і погіршення стану безпеки в сучасних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нормативи виконання вправ на вступному іспиті з оцінки рівня фізичної підготовки для вступників до Національного університету цивільного захисту України. https://ors.nuczu.edu.ua/images/myfolder/18.02.2021_1/fizo.pdf (дата звернення 24.02.2026).
2. Наказ МВС України від 20.11.2015 № 1470 – Про затвердження Нормативів виконання навчальних вправ з підготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту та працівників Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України до виконання завдань за призначенням.

УДК 614.8

ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНИХ ТА ІМІТАЦІЙНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ

***Едуард ЩОЛОКОВ**, викладач кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Порівняння аналітичних та імітаційних методів розрахунку часу евакуації людей з будівель показує, що ці підходи відрізняються насамперед рівнем деталізації опису руху людських потоків, набором вихідних параметрів та можливістю врахування реальних особливостей поведінки людей під час пожежі чи іншої надзвичайної ситуації. Відповідно до ДСТУ 8828:2019, визначення розрахункової тривалості евакуації може здійснюватися із застосуванням спрощеної аналітичної моделі, математичної моделі індивідуально-потокового руху або імітаційно-стохастичної моделі [1–2]. Аналітичні методи базуються на використанні узагальнених характеристик людського потоку, зокрема щільності, швидкості та інтенсивності руху, а також на врахуванні геометричних параметрів шляхів евакуації, таких як довжина ділянок, ширина проходів, дверних прорізів, сходових маршів і виходів. Завдяки цьому вони є відносно простими у застосуванні, не потребують значних обчислювальних ресурсів і дозволяють швидко отримати розрахункову оцінку часу евакуації для будівель із нескладною планувальною

структурою. Саме тому аналітичні підходи широко використовують під час нормативних перевірок, попередніх інженерних оцінок та розрахунків для типових об’єктів [1–2].

Разом із тим аналітичні методи мають і певні обмеження, оскільки вони ґрунтуються на усереднених параметрах і не завжди здатні адекватно відобразити складні просторові умови та реальну динаміку руху людей. Зокрема, у межах такого підходу важко точно врахувати нерівномірний розподіл людей у приміщеннях, вплив поведінкових факторів, різний рівень мобільності евакуйованих, затримку початку руху, взаємодію зустрічних або потоків, що злилися, утворення локальних скупчень та зміну вибору маршруту залежно від ситуації. У зв’язку з цим аналітичний розрахунок не завжди забезпечує достатню точність для об’єктів зі складною архітектурою, великою кількістю приміщень, кількома альтернативними виходами або неоднорідним контингентом людей, наприклад дітей, осіб похилого віку чи маломобільних груп населення.

Імітаційні методи, на відміну від аналітичних, дають змогу моделювати процес евакуації значно детальніше, відтворюючи переміщення окремих осіб або груп у просторі будівлі з урахуванням конфігурації приміщень, характеристик шляхів евакуації, часу реагування, індивідуальної швидкості руху, вибору напрямку руху та взаємодії між людьми [3–5]. Такі моделі можуть враховувати стохастичний характер окремих параметрів, що наближає результати до реальних умов функціонування будівлі під час надзвичайної ситуації. Особливо актуальними вони є тоді, коли потрібно оцінити не лише загальний час евакуації, а й встановити критичні зони скупчення людей, перевірити ефективність окремих виходів, визначити вплив перешкод, сходів, поворотів, вузьких проходів і перехресть потоків на загальну картину евакуаційного процесу. У сучасній практиці прикладом такого підходу є спеціалізовані програмні комплекси, зокрема Pathfinder, які дозволяють реалізувати як потокову логіку розрахунку, так і більш складні механізми індивідуального руху [3].

Водночас імітаційні методи є більш трудомісткими, оскільки потребують детального створення геометричної моделі будівлі, задання великої кількості вихідних параметрів і ретельного обґрунтування прийнятих припущень. Крім того, достовірність результатів такого моделювання значною мірою залежить від якості вихідних даних, правильності вибору моделі поведінки людей, а також від проведення процедур верифікації та валідації програмного засобу [4–5]. Це означає, що імітаційне моделювання має вищий дослідницький потенціал, однак вимагає більшої кваліфікації виконавця та наявності експериментальних або статистичних даних для належного калібрування моделі.

Отже, аналітичні та імітаційні методи не слід розглядати як взаємовиключні, оскільки кожен із них має власну сферу доцільного застосування. Аналітичні методи є ефективними для швидкої нормативної оцінки та розрахунків на типових об'єктах із простою схемою евакуації, тоді як імітаційні методи доцільно застосовувати для складних будівель, об'єктів із масовим перебуванням людей, неоднорідним складом евакуйованих та необхідністю детального аналізу поведінки людських потоків. Тому в сучасній інженерній практиці аналітичний підхід доцільно використовувати як базовий інструмент первинної оцінки, а імітаційний – як засіб уточнення результатів і поглибленого дослідження безпечності евакуації з будівель.

ЛІТУРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Чинний від 2020-01-01. Вид. офіц. Київ, 2020. 84 с.
2. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. Зміна № 1 Чинний від 2023-06-01. Вид. офіц. Київ, 2023.
3. Technical Reference Manual. Thunderhead Engineering. URL: https://www.thunderheadeng.com/docs/2020-5/pathfinder/technical-reference-manual/
4. ISO 20414:2020 Fire safety engineering – Verification and validation protocol for building fire evacuation models.
5. The Process of Verification and Validation of Building Fire Evacuation Models / E. Ronchi et al. National Institute of Standards and Technology, 2013. URL: https://doi.org/10.6028/nist.tn.1822.

УДК 621.039:551.510.42

МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ У РАЗІ АВАРІЇ НА АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

***Лариса ТРЕФІЛОВА**, д-р фізико-математичних наук, проф.,*
***Лариса БОРИСОВА**, канд. юридичних наук, доц.,*
Національний університет цивільного захисту України
***Олександр СОБОЛЄВ**, канд. техн. наук, доц.*
Харківський Національний університет ім. В. М. Каразіна
***Владислав ЧУБ**, студент навчально-наукового інституту інженерної та спеціальної підготовки*
Національний університет цивільного захисту України

Визначення просторового розподілу концентрації радіоактивної домішки у разі аварії на атомній електростанції є важливим завданням забезпечення радіаційної безпеки. Від характеру поширення радіонуклідів в атмосфері залежить масштаб радіоактивного забруднення територій,

можливі дози опромінення населення та ефективність заходів захисту. Тому прогнозування поширення радіоактивних речовин у повітрі є необхідною складовою системи реагування на радіаційні аварії [1, 2].

Поширення радіоактивної домішки в атмосфері відбувається під дією двох основних фізичних механізмів – адвективного перенесення та турбулентної дифузії. Адвекція визначає переміщення забрудненої повітряної маси разом із потоком повітря у напрямку вітру, тоді як турбулентна дифузія зумовлює її просторове розширення. У результаті формується область підвищеної концентрації радіонуклідів, яка може поширюватися на значні відстані від джерела аварійного викиду [1,3]. Залежно від тривалості викиду розрізняють два основні режими поширення домішки в атмосфері: тривалий (безперервний) викид, що формує радіоактивний шлейф, та короткочасний або миттєвий викид, який призводить до утворення хмари радіоактивної домішки.

Для опису таких процесів широко застосовується гаусова модель атмосферної дифузії, яка дозволяє визначати просторовий розподіл концентрації радіонуклідів залежно від параметрів джерела викиду та метеорологічних умов [1, 2, 3]. В термінах гаусової моделі розподіл концентрації домішки у поперечному та вертикальному напрямках відносно осі перенесення описується нормальним законом. Ширина цього розподілу характеризується параметрами атмосферної дисперсії $\sigma_y(x)$ та $\sigma_z(x)$, які відповідають стандартним відхиленням гаусового розподілу концентрації у поперечному та продольному напрямках, відповідно. Значення цих параметрів зростають зі збільшенням відстані від джерела викиду, що відображає поступове розширення області поширення домішки та зменшення максимальної концентрації на осі перенесення [2, 3]. Геометрію поширення радіоактивного шлейфу в термінах гаусової моделі показано на рис. 1.

Істотний вплив на процес розсіювання має стан атмосфери, зокрема її турбулентність. Для оцінювання інтенсивності турбулентного перемішування використовують класи стійкості атмосфери Пасквілла–Гіффорда, які враховують швидкість вітру, ступінь нагрівання підстильної поверхні та хмарність. Від класу стійкості атмосфери залежать параметри дисперсії σ_y та σ_z, що визначають інтенсивність розсіювання домішок у приземному шарі повітря [2, 3].

На основі гаусової моделі можна визначити концентрацію радіоактивної домішки в заданій точці простору, оцінити формування радіоактивного сліду та визначити межі зон радіоактивного забруднення місцевості [1, 3].

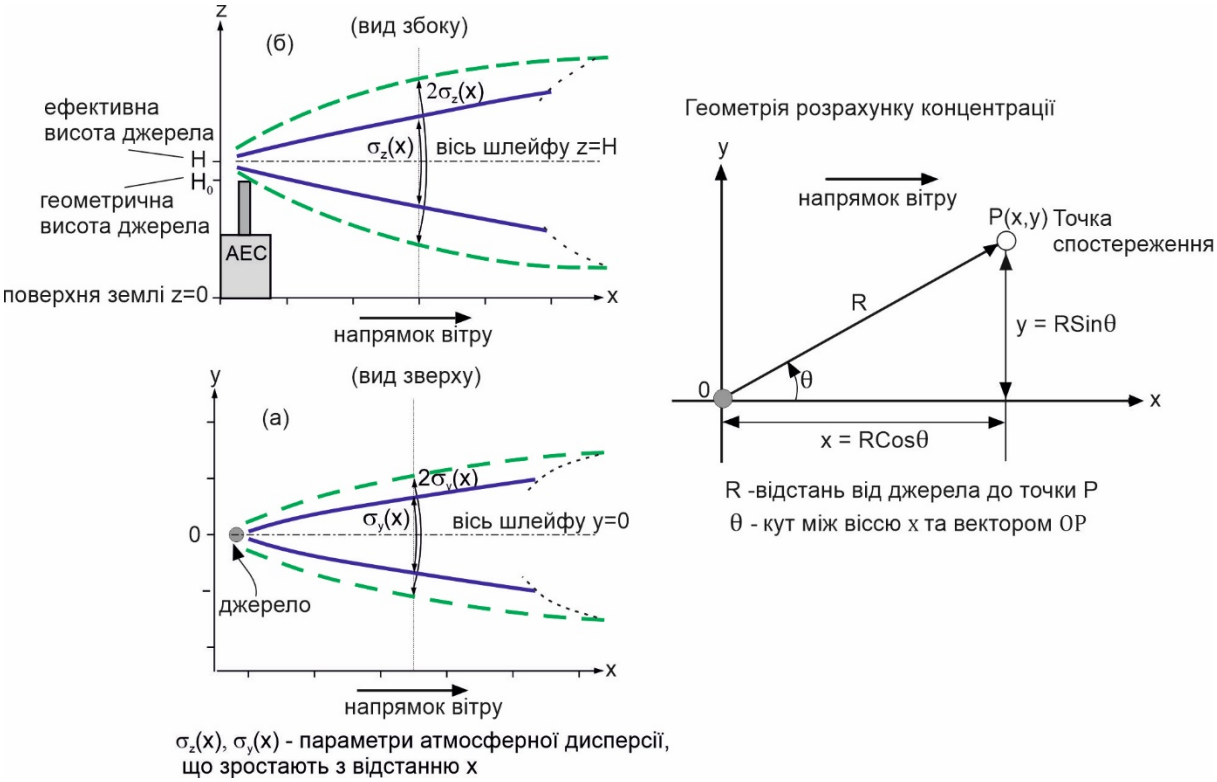


Рисунок 1 – Схема поширення радіоактивного шлейфу в гаусовій моделі атмосферної дифузії: (а) горизонтальний переріз шлейфу в площині x–y; (б) вертикальний переріз у площині x–z; праворуч - геометрія визначення координат точки спостереження. Параметри $\sigma_y(x)$ і $\sigma_z(x)$ є стандартними відхиленнями гаусового розподілу концентрації домішки у поперечному та вертикальному напрямках, відповідно. Величини $2\sigma_y(x)$ і $2\sigma_z(x)$ умовно характеризують ширину шлейфу, в межах якої зосереджена основна частина домішки (для гаусового розподілу – близько 95 %).

Таким чином, застосування гаусової моделі атмосферної дифузії дозволяє кількісно оцінити масштаби поширення радіоактивних речовин у повітрі та прогнозувати формування зон радіоактивного забруднення. Отримані результати можуть бути використані для оперативного прогнозування радіаційної обстановки, оцінювання можливих доз опромінення населення та обґрунтування заходів захисту у разі аварій на атомних електростанціях. Застосування таких моделей є важливим елементом інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень у системі цивільного захисту та радіаційної безпеки [3,4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Turner D. B. *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*. CRC Press, 1994.
2. Pasquill F., Smith F. B. *Atmospheric Diffusion*. Ellis Horwood, 1983.
3. Hanna S. R., Briggs G. A., Hosker R. P. *Handbook on Atmospheric Diffusion*. U.S. DOE, 1982.
4. IAEA. *Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting*. Vienna: IAEA, 1980.

УДК 614.8

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ МАСОВИХ ЗАХОДІВ: ПРЕВЕНЦІЯ, УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ТА АЛГОРИТМИ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ

***Олександр ТИЩЕНКО**, д-р техн. наук, проф. кафедри геодезії, землеустрою, будівельних конструкцій та безпеки життєдіяльності,*
***Вікторія СИТНИК, Ігор ЛІТОВЧЕНКО**, студенти факультету технологій, будівництва та раціонального природокористування*
Черкаський державний технологічний університет

Масові заходи є важливою складовою суспільного життя, оскільки вони сприяють культурному, соціальному та політичному розвитку суспільства. До таких подій належать виступи, концерти, фестивалі, спортивні змагання, громадські акції, релігійні зібрання та інші заходи, що передбачають одночасну присутність значної кількості людей на обмеженій території. Разом з тим велика концентрація людей створює підвищені ризики виникнення небезпечних ситуацій, що можуть загрожувати життю та здоров'ю їх учасників.

У сучасних умовах воєнного стану, питання забезпечення безпеки під час масових заходів набуває особливої актуальності. Потенційні загрози можуть мати різний характер: від техногенних аварій до надзвичайних ситуацій природного або соціального походження. Саме тому необхідним є створення ефективної системи організації безпеки громадян, яка поєднує превентивні заходи, оцінку ризиків та чіткі алгоритми реагування у разі виникнення надзвичайних ситуацій .

Метою даної роботи є аналіз принципів функціонування комплексної системи безпеки під час проведення масових заходів, а також визначення основних напрямів превенції ризиків і алгоритмів реагування на надзвичайні ситуації різного характеру.

Організація безпеки під час масових заходів передбачає реалізацію цілого комплексу взаємопов'язаних заходів. Насамперед важливу роль відіграє попередній аналіз потенційних ризиків та небезпек. На етапі підготовки організатори спільно з представниками правоохоронних органів, служб цивільного захисту, медичних установ та органів місцевого самоврядування повинні оцінити можливі загрози та розробити план їх мінімізації та унеможливлення загроз.

Одним із ключових елементів комплексної системи безпеки є превенція. Превентивні заходи спрямовані на запобігання виникненню небезпечних ситуацій ще до початку заходу. До них належать перевірка території проведення події, створення взаємодії та відповідних меморандумів з ключовими організаціями, організація системи контролю

доступу, забезпечення належного освітлення, розміщення інформаційних знаків, а також проведення інструктажів для персоналу.

Особливе значення має планування інфраструктури заходу. Необхідно передбачити достатню кількість входів та виходів, евакуаційних шляхів, пунктів надання медичної допомоги та зон безпеки. Розташування сцен, торгових точок і технічного обладнання повинно відповідати вимогам пожежної та техногенної безпеки. Крім того, важливим є забезпечення контролю за кількістю учасників, оскільки надмірне скупчення людей може призвести до тисняви та інших небезпечних ситуацій.

Ще одним важливим аспектом є управління ризиками. Управління ризиками передбачає системний підхід до виявлення потенційних загроз, оцінки їх ймовірності та визначення можливих наслідків. Після проведення такого аналізу розробляються конкретні заходи, спрямовані на зниження рівня ризику. Наприклад, у разі ймовірності погіршення погодних умов необхідно передбачити можливість перенесення або тимчасового припинення заходу.

Важливу роль у забезпеченні безпеки відіграє координація дій між різними службами. Під час проведення масових заходів повинна діяти чітка система взаємодії між поліцією, підрозділами Державної служби з надзвичайних ситуацій, медичними службами та організаторами заходу. Для цього заздалегідь створюється оперативний штаб, який координує дії всіх задіяних структур.

Невід’ємною складовою комплексної системи безпеки є алгоритми реагування на надзвичайні ситуації. Алгоритм реагування – це чітка послідовність дій, яка дозволяє швидко та ефективно реагувати на загрози. Наприклад, у разі виникнення пожежі персонал повинен негайно повідомити відповідні служби, організувати евакуацію людей та забезпечити доступ рятувальних підрозділів до місця події.

У випадку виникнення конфліктних ситуацій або порушення громадського порядку першочерговим завданням є локалізація інциденту, унеможливлення поширення загрози, та недопущення паніки серед учасників заходу. Для цього використовуються сили поліції та служби охорони заходів, які повинні діяти відповідно до затверджених інструкцій.

Важливою складовою системи безпеки є також інформування учасників заходу. Завдяки використанню гучномовців, електронних табло та мобільних додатків можна оперативно повідомляти людей про зміни у програмі заходу, правила поведінки або необхідність евакуації.

Сучасні технології також відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки. Використання систем відеоспостереження, металодетекторів, систем контролю доступу та інших технічних засобів дозволяє значно підвищити рівень контролю та своєчасно виявляти потенційні загрози виникнення надзвичайних ситуацій.

Таким чином, забезпечення безпеки під час проведення масових заходів є складним і багатокомпонентним процесом, який потребує комплексного підходу. Ефективна система безпеки повинна включати превентивні заходи, системне управління ризиками та чіткі алгоритми реагування на надзвичайні ситуації. Важливою умовою успішної реалізації такої системи є взаємодія між організаторами заходу, правоохоронними органами, рятувальними службами та медичними установами. Координація дій усіх учасників процесу дозволяє оперативно реагувати на можливі загрози та мінімізувати негативні наслідки надзвичайних ситуацій.

Удосконалення комплексної системи безпеки, впровадження сучасних технологій та підвищення рівня підготовки персоналу сприятимуть підвищенню рівня безпеки під час масових заходів та забезпеченню належного захисту життя і здоров'я громадян.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 2 жовт. 2012 р. № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013. № 34–35. 4-20с.
2. Про Національну поліцію : Закон України від 2 лип. 2015 р. № 580-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2015. № 40–41. 2-23с.
3. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12 трав. 2015 р. № 389-VIII. Київ, 2015. 11с.
4. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Організація управлінняпід час ліквідації надзвичайних ситуацій : навч. посіб. Київ : ДСНС України, 2018. 312 с.

УДК 621.03

ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ЛЯПУНОВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗАГОРЯНЬ МАТЕРІАЛІВ

***Ігор ТОЛОК**, канд. пед. наук, доц., ректор університету,*
***Євгеній РИБКА**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки,*
***Володимир КОЛОСКОВ**, канд. техн. наук, доц., проф. кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки,*
***Лариса МАЛАДИКА**, канд. пед. наук, доц., доц. кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Одним з чинників порушення стану безпеки людини є пожежі. У випадку неконтрольованого розвитку пожежі ускладнюється її гасіння, зростають економічні втрати [1] та наносяться збитки довкіллю [2]. Ефективним способом боротьби з пожежами є їх виявлення на ранній стадії

розвитку. При пожежі у приміщенні небезпечними параметрами є, перш за все, температура, концентрація чадного газу та питома оптична густина диму газового середовища [3]. Відомо, що фундаментальною нелінійною властивістю більшості реальних динамічних систем є хаос [4, 5]. У загальному випадку найбільший показник Ляпунова визначається на нескінченному інтервалі часу. Однак, на практиці часовий інтервал спостереження є обмеженим. Крім того, на результати спостереження впливають шуми. Все це знижує точність визначення показника Ляпунова та його інтерпретацію [6].

Актуальним є пошук особливостей динаміки газового середовища приміщень, що дозволяють виявляти загоряння матеріалів, зокрема, показників його хаотичності, обумовленої особливостями складних для математичного опису фізичних процесів. В роботі [7], зокрема, розглянуто підхід до оперативного виявлення загоряння матеріалів на основі одного довільного небезпечного параметра газового середовища, який вимірюється багатьма датчиками у приміщенні з наступною мережевою обробкою даних, однак, при цьому не враховується хаотичність середовища. В інших дослідженнях загоряння різних матеріалів [8–12] показники Ляпунова [13] динаміки небезпечних параметрів газового середовища також не досліджуються.

Натомість, для дослідження хаотичності динаміки експериментальних даних використовується відомий інструментарій на основі показників Ляпунова [14, 15]. Оскільки в реальних умовах пожежі динаміка небезпечних параметрів газового середовища є нелінійною з різним ступенем хаотичності, показники Ляпунова на різних часових інтервалах будуть відрізнятися. Актуальним у цьому зв’язку є дослідження найбільшого показника Ляпунова на інтервалах динаміки, що відповідають достовірній відсутності та наявності загоряння матеріалів.

Для дослідження була створена лабораторна камера, що імітує негерметичне приміщення. В якості небезпечних параметрів газового середовища визначались температура, питома оптична густина диму та концентрація чадного газу при відсутності та наявності тестових матеріалів. В якості тестових матеріалів було обрано спирт, папір та текстиль, що мають різну питому масову швидкість вигоряння [16]. Виміряні значення вихідних сигналів датчиків характеризувались відповідними множинами $\{x(k)\}$ даних дискретних вимірювань $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_N$ відповідного небезпечного параметра газового середовища на інтервалі спостереження, де $N = 200$ – кількість вимірювань. В якості міри хаотичності дискретних вимірювань пропонується використовувати показник Ляпунова, який визначає швидкість розходження траєкторій у фазовому просторі. При цьому додатне значення показника Ляпунова відповідає хаотичній поведінці, а нульове чи від’ємне – стійкості системи. Найбільший показник Ляпунова оцінювався за методикою, представленою в роботі [17].

Аналіз отриманих результатів продемонстрував, що динамічна система, утворена в лабораторній камері, є стійкою. За досліджуваними небезпечними параметрами газового середовища утворена в камері динамічна система є більш стійкою за параметром питомої оптичної густини диму та температурою, ніж за параметром концентрації чадного газу. Також встановлено, що загоряння матеріалів всередині камери призводить до зміни динаміки властивостей небезпечних параметрів газового середовища. При цьому динаміка концентрації чадного газу та температури стає хаотичною, а динаміка питомої оптичної густини диму в цілому характеризується стійкістю, однак, запас її стійкості знижується.

Водночас, було встановлено, що зміна динаміки властивостей небезпечних параметрів газового середовища залежить від природи матеріалу, що загоряється. Зокрема, загоряння паперу та деревини викликало хаотичність динаміки концентрації чадного газу, а загоряння текстилю зберігало стійку природу динаміки зміни вказаного параметру. Натомість, динаміка зміни температури стає хаотичною у випадку загоряння спирту та паперу, однак, при загорянні деревини та текстилю залишається стійкою.

Таким чином, встановлено можливість використання найбільшого показника Ляпунова на базі використання кінцевої дискретної вибірки спостережень одного довільного небезпечного параметра газового середовища в якості ознаки оперативного виявлення загоряння матеріалів у приміщенні. Подальші дослідження мають бути спрямовані на дослідження величини показника Ляпунова для розширеного набору небезпечних параметрів газового середовища при вогневих випробуваннях в реальних приміщеннях та різному пожежному навантаженні.

ЛІТЕРАТУРА

1. The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts / A. Semko et al. // Journal of Theoretical and Applied Mechanics (Poland), 2014. Vol. 3. P. 655-664.
2. Vasyukov A., Loboichenko V., Bushtec S. Identification of bottled natural waters by using direct conductometry // Ecology, Environment and Conservation, 2016. Vol. 22/3. P. 1171-1176.
3. Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises / B. Pospelov et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2018. Vol. 3/9(93). P. 34-40. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133127.
4. Schuster H. G., Just W. Deterministic chaos : an introduction. 4th ed. John Wiley & Sons, 2006. ISBN: 978-3-527-60480-7.
5. Broer H. W., Takens F. Dynamical systems and chaos. New York: Springer, 2011. Vol. 172. P. 133–133. ISBN 1441968709.
6. The application of the Lyapunov Exponent to analyse human performance: A systematic review / L. Winter et al. // Journal of Sports Sciences, 2023. Vol. 41(22). P. 1994-2013. DOI: 10.1080/02640414.2024.2308441.
7. Cheng C., Sun F., & Zhou X. One fire detection method using neural networks // Tsinghua Science and Technology, 2011. Vol. 16(1). P. 31-35. DOI: 10.1016/s1007-0214(11)70005-0.

8. Defining the features of amplitude and phase spectra of dangerous factors of gas medium during the ignition of materials in the premises / B. Pospelov et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. Vol. 2/10(116). P. 57-65. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254500.
9. Studies on pulp-oriented cultivation techniques of poplar wood / Jiang J. Y. YueZhong et al. // Scientia Silvae Sinicae, 2004. Vol. 40(1). P. 123-130.
10. Bei P., Liwei C., Chang L. An Experimental Study on the Burning Behavior of Fabric used Indoor // Procedia Engineering, 2012. Vol. 43. P. 257-261. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.044.
11. Peng X., Liu S., Lu G. Experimental analysis on heat release rate of materials // Journal of Chongqing University, 2005. Vol. 28. Art. 122.
12. Revealing the peculiarities of average bicoherence of frequencies in the spectra of dangerous parameters of the gas environment during fire / B. Pospelov et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023. Vol. 1/10(121). P. 46-54. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272949.
13. Nakamura T. Nonlinear systems and Lyapunov spectrum, 2022.
14. Cencini M., Cecconi F., Vulpiani A. Chaos // Series on Advances in Statistical Mechanics, 2009. Vol. 17. 480 p. DOI: 10.1142/7351.
15. Dieci L., Van Vleck E. S. Lyapunov spectral intervals: theory and computation // SIAM Journal on Numerical Analysis, 2002. Vol. 40(2). P. 516-542. URL: https://spro tt.physics.wisc.edu/chaos/lespec.htm.
16. Perception and recollection of fire hazards in dwelling fires / L. M. Hulse, E. R. Galea, O. F. Thompson, D. Wales. // Safety Science, 2020. Vol. 122. Art. 104518. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.104518
17. Determination of the largest Lyapunov exponent of chaos in the dynamics of hazardous parameters of a gas environment for the rapid ignition detection / I. Tolok et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2025. Vol. 6/3(86). P. 21-26. DOI: 10.15587/2706-5448.2025.345030.

УДК 614.8

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКІВ НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Іван ПЕТРЕНКО, *д-р філософії з цивільної безпеки, асистент,*
Євгеній ЛАШКО*, канд. техн. наук, доц.,*
Анна РАДОЧИНА*, студентка кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Сучасні системи моніторингу охорони праці потребують максимально точного та своєчасного виявлення небезпечних факторів на виробництві. Традиційний метод експертних оцінок, який часто застосовується для визначення рівня професійного ризику, має суттєвий недолік – високу частку суб'єктивності. Оскільки до оцінювання залучається обмежене коло фахівців (зазвичай 5-6 осіб), результати сильно залежать від їхнього особистого досвіду, посади та кваліфікації. Відтак, нагальною науково-практичною проблемою стає розробка більш

об'єктивних, стандартизованих інструментів оцінювання ризиків, що базуються на реальній статистиці травматизму підприємства.

Мета роботи полягає у комплексному аналізі причин, обставин та динаміки виробничого травматизму для вдосконалення методології розрахунку професійних ризиків.

Дослідження ґрунтується на статистичних даних щодо нещасних випадків, що сталися на одному з підприємств гірничовидобувної промисловості в Полтавській області протягом 2023–2024 років. Багатоаспектний аналіз цього масиву даних дозволив виявити низку критичних закономірностей.

По-перше, розгляд нещасних випадків у розрізі професій (рис. 1) засвідчив, що найвищий рівень небезпеки спостерігається не серед штатного персоналу основних цехів, а серед працівників підрядних організацій. Значна частка травм також припадає на агломератників та електрозварників. Головними тригерами травмування підрядників є їхня недостатня обізнаність зі специфікою технологічних процесів гірничого підприємства, а також слабкий управлінський контроль за дотриманням ними правил безпеки з боку служби охорони праці.

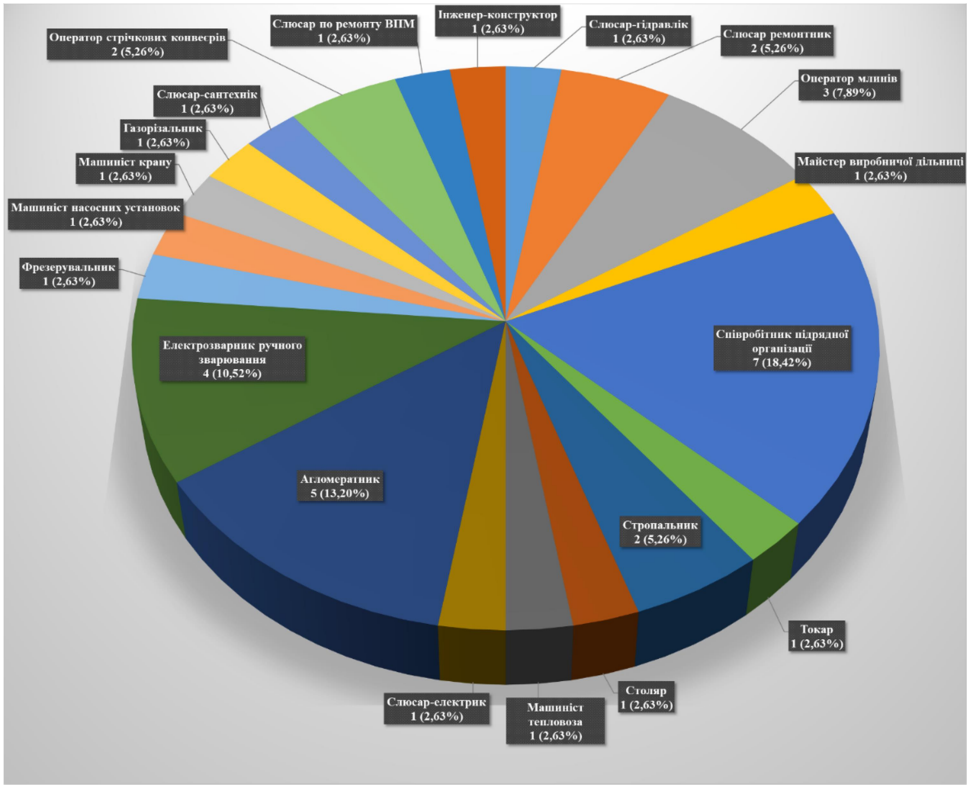


Рисунок 1 – Нещасні випадки за посадами

По-друге, виявлено нелінійну залежність (рис. 2) між стажем роботи та схильністю до травматизму. Якщо на початку кар'єри (перший рік роботи) нещасні випадки зумовлені переважно браком практичних навичок, то в міру набуття досвіду рівень травматизму падає. Однак серед

персоналу зі стажем понад 15 років знову фіксується сплеск інцидентів, що пояснюється надмірною самовпевненістю та ігноруванням базових вимог безпеки.

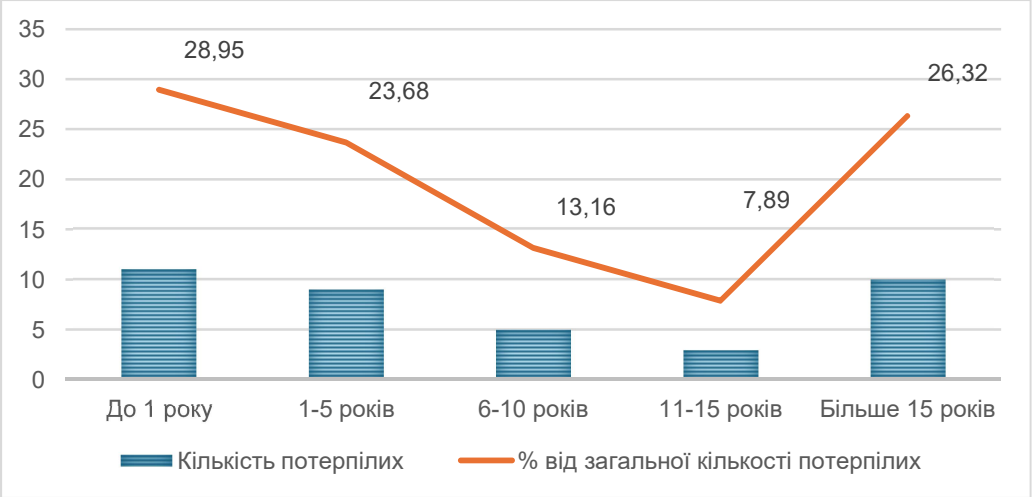


Рисунок 2 – Нещасні випадки за стажем роботи

Для врахування цього феномену в математичній моделі оцінювання ризику було запропоновано інтегрувати спеціальний ваговий коефіцієнт травматизму (T)

Відповідно, вдосконалена формула набуває вигляду [1]:

$$R = P \cdot F \cdot H \cdot T,$$

де P – імовірність виникнення ризику; F – частота настання події; H – тяжкість наслідків; T – коефіцієнт стажу (наприклад, для стажу 11–15 років він дорівнює 1, а для стажу понад 15 років або менше 1 року може становити 3–4, оскільки ці категорії генерують близько 30% випадків).

Додатково було проведено аналіз часових та вікових факторів засвідчив, що найчастіше травмуються працівники вікових груп «18–21 рік» та «36–55 років». При цьому переважна кількість нещасних випадків припадає на вечірні та нічні зміни. Це є прямим наслідком порушення добових біоритмів, що призводить до психофізіологічного перевантаження, втоми та критичного зниження концентрації уваги. Дані додаткові результати будуть використані в подальших дослідженнях для поглиблення модернізації оцінки ризиків.

Висновки. Результати дослідження підтверджують наявність системних організаційних проблем у сфері охорони праці на виробництві. Зниження рівня травматизму можливе лише за умови посиленого контролю за діяльністю підрядних компаній та впровадження спеціальних заходів щодо зниження психофізіологічного навантаження на працівників під час нічних змін. Застосування запропонованої модифікованої формули розрахунку ризику з урахуванням фактору професійного досвіду дозволить зробити прогнозування небезпек більш об'єктивним, точним та

індивідуалізованим, що є необхідною умовою для розробки ефективних профілактичних заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петренко І. С., Ченчева О. О., Зозуля С. В., Шевченко В. Г., Логвінков С. М. Методика визначення ризиків на основі аналізу травматизму працівників промислових підприємств. Комунальне господарство міст. 2024. Т. 1, № 182. С. 215–222. URL: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-1-182-215-222.

УДК 614.841

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

***Андрій КОВАЛЬОВ**, д-р техн. наук, старший науковий співробітник,*
***Денис ДРАЖНІКОВ**, ад'юнкт,*
***Денис КОЛОМІЄЦЬ**, ад'юнкт*
Національний університет цивільного захисту України

Правовий режим воєнного стану в Україні та спричинені збройною агресією масштабні руйнування об'єктів критичної інфраструктури радикально актуалізують проблему забезпечення належного рівня техногенно-пожежної безпеки на всіх етапах життєвого циклу будівель і споруд. В умовах систематичних ракетно-артилерійських уражень, вторинних вибухів, термічних впливів та локальних чи масштабних пожеж, гарантування нормативної та фактичної вогнестійкості сталевих несучих конструкцій набуває ключового значення як з позицій збереження цілісності об'єктів, так і з позицій забезпечення безперервності функціонування критично важливих систем. За таких умов виникає об'єктивна потреба у науково обґрунтованій верифікації та адаптації традиційних експериментальних методів оцінювання вогнестійкості до специфіки воєнного часу, коли визначальними стають скорочення тривалості випробувань, можливість використання місцевих або модифікованих вогнезахисних матеріалів, а також робота в умовах обмежених ресурсів, порушеної логістики та підвищеної невизначеності параметрів пожежного впливу.

Метою даної роботи є науково обґрунтований аналіз та систематизація існуючих експериментальних підходів щодо оцінювання вогнестійкості вогнезахищених сталевих конструкцій із виявленням їх ефективності, економічної доцільності та інформативності в умовах дії правового режиму воєнного стану. Це покликано забезпечити швидкий і достовірний контроль якості вогнезахисту сталевих елементів, що використовуються у процесі термінового відновлення пошкоджених будівель і об'єктів критичної інфраструктури.

Експериментальний метод передбачає випробування зразків конструкцій у спеціальних вогневих печах за встановленим температурним режимом пожежі, визначеним міжнародними або національними нормативними документами. Під час таких випробувань фіксується час від початку вогневого впливу до настання одного з граничних станів з вогнестійкості. Цей метод забезпечує точність результатів, однак потребує значних фінансових витрат та не завжди є практично доцільним для кожного типу конструкції.

Зокрема, у [1] проведено серію повномасштабних експериментів із вогневого випробування трубчастих сталевих колон із різними типами мембранного вогнезахисту, зокрема кальцієво-силікатними плитами, мінеральною ватою та композиційними матеріалами. Отримані результати показали можливість підвищення межі вогнестійкості колон до 2,5–3 годин залежно від типу, товщини вогнезахисного шару, що підтверджує ефективність застосування багатошарових систем захисту.

В [2] описано експериментальне визначення межі вогнестійкості сталевих елементів конструкцій, покритих сучасними вогнезахисними фарбами, за різних сценаріїв розвитку пожежі. Розглянуто спрощену, економну методику оцінювання вогнезахисних властивостей покриттів/облицювань, яку автори пропонують як альтернативу дорогим європейським випробуванням EN 13381, яку зручно використовувати як приклад того, як можна адаптувати методи оцінювання вогнезахисту до українських умов.

Внесок у розвиток експериментальної бази зробили вчені [3], які одними з перших провели масштабні вогневі випробування балок, виготовлених із вогнестійкої сталі. Їхня робота продемонструвала, що використання спеціальних сталей із підвищеною жароміцністю може збільшити час до втрати несучої здатності без застосування додаткового вогнезахисту.

У [4] досліджувалася поведінка сталевих балок, покритих вогнезахисною фарбою та облицьованих цементно-волокнистими плитами. Автори провели серію випробувань на зразках та встановили, що комбінування пасивного та реактивного вогнезахисту забезпечує ефективність та дозволяє досягати межі вогнестійкості понад 180 хвилин.

Дослідниками [5] проведена оцінка впливу різних видів вогнезахисного покриття на несучу здатність балок та колон, а також досліджена можливість використання вогнестійких сталей без додаткового захисту. Було доведено, що навіть тонкошарове покриття здатне збільшити час до втрати стійкості в 2–3 рази.

У [6] вчені зосереджуються на дослідженні специфіки реактивних (що спучуються) вогнезахисних покриттів, підкреслюючи, що стандартні методи випробувань не завжди ефективні для оцінки кінетики їхнього спучування. Автори пропонують адаптовані методики експериментальної оцінки теплофізичних характеристик утвореного коксового шару, що

дозволяє більш точно прогнозувати поведінку таких покриттів у реальних умовах пожежі. Це дослідження є цінним для обґрунтованого застосування сучасних, швидких у нанесенні тонкошарових матеріалів під час термінової відбудови.

Робота [7] присвячена розробці гібридного, розрахунково-експериментального методу оцінки вогнестійкості сталевих балок. Використовуючи програмний комплекс LIRA-SAPR, дослідники створили детальні комп'ютерні моделі теплового режиму та деформацій конструкцій, які були верифіковані (підтверджені) даними лабораторних вогневих випробувань. Внеском цієї роботи є доведення можливості скорочення кількості дороговартісних повномасштабних випробувань без втрати точності результатів.

Отже, у ході проведеного аналізу встановлено, що в умовах дії правового режиму воєнного стану та ресурсних обмежень традиційні експериментальні методи оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій, попри їх високу точність та нормативну верифікованість, потребують адаптації до нових експлуатаційно-технічних реалій. За таких умов пріоритетного значення набувають скорочення тривалості та вартості випробувань, а також забезпечення можливості застосування місцевих або модифікованих вогнезахисних матеріалів без втрати достовірності оцінки їх вогнезахисної здатності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Zhang, X., Peng, L., Ni, Z. P., Ni, T. X., Huang, Y. L., Zhou, Y. (2018). Experimental study on the fire performance of tubular steel columns with membrane protections for prefabricated and modular steel construction. Materials, 11(3), 437.
2. Новак, С., Дріжд, В., & Добростан, О. (2021). Оцінювання вогнезахисних властивостей покриттів і облицювань для сталевих конструкцій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, (2(12), 43–53. https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.2(12).43-53.
3. Sakumoto, Y., Nishida, I. (1998). Experimental study on fire resistance of fire-resistant steel beams. Fire Science and Technology, 18(1), 1–9.
4. Wang, W., Zhu, T., Gao, X., Yang, J., Chen, X., Wang, W. (2025). Fire Test on Insulated Steel Beams with Fire-Protection Coating and Fiber Cement Board. Buildings, 15(12), 2121.
5. Hvozd, V., Tishchenko, E., Berezovskyi, A., Sidnei, S. (2021, August). Research of fire resistance of elements of steel frames of industrial buildings. In Materials Science Forum (Vol. 1038, pp. 506–513). Trans Tech Publications Ltd.
6. Kovalov, A. I., Otrosh, Y. A., Purdenko, R. R., Tomenko, V. I. (2022). Дослідження вогнестійкості захищених реактивною вогнезахисною речовиною сталевих будівельних конструкцій. Пожежна безпека, 41, 57–66.
7. Ковальов А. І., Пурденко Р. Р., Томенко В. І., Качкар Є. В., Майборода Р. І. Оцінювання вогнестійкості вогнезахищених сталевих балок. Вісті Донецького гірничого інституту, 2022. №2 (51). С.43–53.

УДК 624.012.45:614.8

ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ІМПУЛЬСНОГО АВАРІЙНОГО ВПЛИВУ

***Віталій ТОМЕНКО**, канд. техн. наук, доц.,*
Національний університет цивільного захисту України
***Марина ТОМЕНКО**, канд. педагогічних наук, доц.,*
Київський науково-дослідний інститут судових експертиз

В умовах сучасних надзвичайних ситуацій та воєнного часу особливої актуальності набуває проблема визначення технічного стану будівель після локальних короткочасних аварійних впливів. Такі впливи можуть спричиняти часткове руйнування залізобетонних елементів, порушення просторової роботи конструктивної системи, перерозподіл внутрішніх зусиль та створення передумов для розвитку прогресуючого обвалення [1, 3-6]. Для сфери цивільного захисту важливим є не лише встановлення факту пошкодження, а й кількісне оцінювання залишкової несучої здатності будівлі, що дозволяє визначити рівень небезпеки об'єкта, обґрунтувати можливість проведення пошуково-рятувальних робіт і потребу в невідкладних протиаварійних заходах [4-5].

Існуючі нормативні та наукові підходи до аналізу короткочасних динамічних навантажень переважно орієнтовані на локальне руйнування окремих елементів або загальну оцінку прогресуючого обвалення [3-5]. У документі [3] наведено підходи до моделювання імпульсних навантажень і розрахунку конструкцій у динамічній постановці. У рекомендаціях [4-5] розглядаються сценарії локального пошкодження несучих елементів і подальша здатність будівлі до перерозподілу зусиль [4-5]. Водночас питання інтегрованого оцінювання залишкової несучої здатності залізобетонної будівлі після локального імпульсного аварійного впливу з урахуванням деградації фізико-механічних характеристик бетону та арматури потребує подальшого розвитку [2-5].

Метою роботи є розроблення підходу до оцінювання залишкової несучої здатності залізобетонних будівель після локального імпульсного аварійного впливу для потреб цивільного захисту.

У межах запропонованого підходу розрахункова задача подається множиною параметрів:

$$X=\{G,M,L,B,R\}, \quad (1)$$

де G – геометричні параметри будівлі; M – фізико-механічні характеристики матеріалів; L – штатні навантаження; B – параметри аварійного імпульсного впливу; R – критерії пошкодження та правила редукції характеристик матеріалів [2-5].

Для залізобетонних елементів у вихідному стані задаються модуль пружності бетону $E_{c,0}$, міцність на стиск $f_{c,0}$, міцність на розтяг $f_{ct,0}$, граничні деформації $\varepsilon_{c,lim}$, $\varepsilon_{ct,lim}$, а також модуль пружності арматури $E_{s,0}$, межа текучості $f_{y,0}$ та гранична деформація $\varepsilon_{s,lim}$[2]. Початковий напружено-деформований стан конструкції визначається від дії постійних і експлуатаційних навантажень та описується множиною:

$$S_0=\{N_0, M_0, Q_0, \sigma_0, \varepsilon_0, u_0\}, \quad (2)$$

де N_0, M_0, Q_0 – внутрішні зусилля; σ_0, ε_0 – напруження та деформації; u_0 – переміщення вузлів конструкції [3-5].

Узагальнений імпульсний аварійний вплив доцільно задавати часовою функцією:

$$P(t)=P_{max}\varphi(t), \quad (3)$$

де P_{max} – максимальна інтенсивність навантаження; $\varphi(t)$ – функція форми імпульсу [3].

Для опису позитивної фази імпульсу може використовуватися рівняння Фрідлендера [3]:

$$P(t)=Ps(1-t/t_d)e^{-bt/td}, \quad (4)$$

де Ps – піковий надлишковий тиск; t_d – тривалість позитивної фази; b – параметр форми імпульсу.

Інтегральний імпульс навантаження визначається виразом:

$$J=\int_0^{td} P(t)\,dt \quad (5)$$

Узагальнений вектор параметрів аварійного впливу має вигляд:

$$I_{imp}=\{P_s,t_d,J,A_{loc},\eta_{dir}\}, \quad (6)$$

де A_{loc} – площа локального прикладання навантаження; η_{dir} – коефіцієнт напрямленості дії [3-6].

Реакція конструктивної системи визначається на основі прямого динамічного нелінійного аналізу, який описується рівнянням руху:

$$Mu(t)+Cu(t)+R(u,t)=F_{st}+F_{imp}(t), \quad (7)$$

де M – матриця мас; C – матриця демпфування; R(u,t) – нелінійний вектор внутрішніх сил; F_{st} – вектор штатних навантажень; $F_{imp}(t)$ – вектор аварійного імпульсного впливу [3].

Для врахування локальної деградації фізико-механічних характеристик бетону та арматури вводиться індекс локального матеріального пошкодження:

$$D_{m,i} = \max(\varepsilon_{c,i}/\varepsilon_{c,lim}, \varepsilon_{ct,i}/\varepsilon_{ct,lim}, \varepsilon_{s,i}/\varepsilon_{s,lim}, \sigma_{c,i}/f_{c,0}, \sigma_{s,i}/f_{y,0}), \quad (8)$$

де $\varepsilon_{c,i}$ $\varepsilon_{ct,i}$ $\varepsilon_{s,i}$ – фактичні деформації бетону та арматури; $\sigma_{c,i}$ $\sigma_{s,i}$ – відповідні напруження [2,3].

Для оцінювання конструктивного пошкодження окремого елемента використовується узагальнений індекс:

$$D_i=\max(M_i/M_{lim,i},\ N_i/N_{lim,i},\ Q_i/Q_{lim,i},\ u_i/u_{lim,i},\ D_{m,i}), \quad (9)$$

де M_i, N_i, Q_i – поточні зусилля; $M_{lim,i}$, $N_{lim,i}$, $Q_{lim,i}$ – граничні значення; u_i – переміщення; $u_{lim,i}$ – граничне переміщення [3-5].

Для всієї будівлі інтегральний показник пошкодження визначається як:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i D_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}, \quad (10)$$

де w_i – вагові коефіцієнти конструктивної значущості елементів [3-5].

Після виділення локальних зон пошкодження формується післяаварійна модель будівлі, а її залишкова несуча здатність визначається співвідношенням:

$$R_{res}=F_{ult,d} / F_{ult,0}, \quad (11)$$

де $F_{ult,0}$ – граничне навантаження для непошкодженої моделі; $F_{ult,d}$ – граничне навантаження для післяаварійної моделі [3-5].

Для оцінювання післяаварійної стійкості використовується коефіцієнт:

$$\Psi=R_{res} / R_{req}, \quad (12)$$

де R_{req} – необхідна несуча здатність для сприйняття нормативних експлуатаційних навантажень.

Для комплексної оцінки системної реакції будівлі вводиться індекс структурної живучості:

$$\Omega_s = \frac{R_{res}}{R_0} \cdot \frac{1}{1+\Lambda} \cdot \Psi, \quad (13)$$

де R_0 – початкова несуча здатність конструкції; Λ – коефіцієнт локалізації пошкодження [3-5].

Отже, кінцева узагальнена логіка методу описується послідовністю

$$I_{imp}\rightarrow Dm\rightarrow D\rightarrow R_{res}\rightarrow\Psi\rightarrow\Omega_s \quad (14)$$

Практична значущість запропонованого підходу полягає в можливості його використання для післяаварійного оцінювання технічного стану залізобетонних будівель, прогнозування ризику прогресуючого обвалення та оперативного визначення небезпечних ділянок конструкцій під час проведення пошуково-рятувальних робіт. На основі розрахованих значень $D_{m,i}$, D_i , D, R_{res}, Ψ та Ω_s може бути сформована карта пошкоджень,

яка дозволяє виділити зони локального руйнування, ділянки зі зниженням жорсткості та області підвищеного ризику вторинного обвалення [3-5]. Це дає змогу більш обґрунтовано приймати рішення щодо допуску рятувальників до пошкодженого об’єкта, встановлення тимчасових підпор і організації робіт у небезпечних зонах.

Таким чином, запропонований підхід дозволяє перейти від якісної оцінки наслідків локального аварійного впливу до кількісного визначення залишкової несучої здатності будівлі та рівня небезпеки її конструктивних елементів. Це розширює можливості його застосування як у наукових дослідженнях, так і в практиці цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ, 2020.
2. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд.
3. UFC 3-340-02. Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. Washington, DC: Department of Defense, 2008.
4. Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Modernization Projects. Washington, DC: U.S. General Services Administration, 2003.
5. Alternate Path Analysis and Design Guidelines for Progressive Collapse Resistance. Washington, DC: U.S. General Services Administration, 2016.
6. Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings. NISTIR 7396. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2007.

УДК 614.8:004.896

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ПОЖЕЖНИХ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

***Артем БИЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц.,*
***Олег КУЛІЦА**, канд. техн. наук, доц.,*
***Наталія ЗОБЕНКО**, канд. техн. наук,*
***Дмитро МОРОЗ**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки,*
Національний університет цивільного захисту України

Усвідомлюючи актуальні небезпеки як антропогенного, так і природного, а також військового походження, і з огляду на потребу мінімізувати загрози для життєдіяльності та стану здоров'я співробітників Державної служби України з надзвичайних ситуацій, зростає роль інтеграції наземних безпілотних роботизованих систем у роботу органів і підрозділів ДСНС, зокрема в процесі реагування на різні надзвичайні події.

Застосування подібних технологічних рішень має на меті не лише підвищити якість та результативність виконання поставлених функцій, але й забезпечити збереження життя і здоров'я особового складу ДСНС.

У наш час ми спостерігаємо одночасно і швидке удосконалення самих безпілотних систем, і збільшення кількості галузей, призначень та методів їх використання. Державна служба України з надзвичайних ситуацій, працюючи в умовах воєнного стану, суттєво розширила ареал застосування цих систем, інтегрувавши їх у всі сфери своєї роботи. Систематизація та поширення досвіду використання безпілотних систем в системі ДСНС є необхідною складовою для подальшого їх впровадження.

Безпілотні наземні роботизовані комплекси (багатофункціональні, пожежні) (далі – БпНРК) забезпечують виконання ліквідацій надзвичайних ситуацій а саме, аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, пожежогасіння, інженерної розвідки, транспортування обладнання, евакуацію потерпілих у зонах з небезпечними умовами для особового складу, можливе їх використання під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов’язаних з витоком небезпечних хімічних речовин, під час розмінування (протимінного розмінування).

Для вирішення завдань з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій ДСНС України застосовує два основних типи БпНРК: пожежні та багатофункціональні, що забезпечує підвищення ефективності та безпекової складової для особового складу.

Пожежні БпНРК призначені для гасіння пожеж, охолодження конструкцій, розвідки осередку горіння (рис. 1).



а б в

Рисунок 1 – Безпілотні наземні роботизовані комплекси пожежні
а) LUF 60 [1];
б) Magirus Wolf R1 [2];
в) Shark Robotics Colossus [3]

Багатофункціональні БпНРК – це комплекси модульного типу, здатні швидко змінювати обладнання для виконання різних завдань: логістичних, інженерних, розвідувальних, рятувальних, піротехнічних (рис. 2).



а б в

Рисунок 2 – Безпілотні наземні роботизовані комплекси багатофункціональні

а) LUF CRV [1];
б) LUF LOG [1];
в) LT2-F "Бульдог"

Зважаючи на тактико-технічні характеристики сучасних БпНРК, що є на оснащенні ДСНС України можливо виділити їх основні функціональні можливості (в залежності від типу та комплектації) під час виконання завдань за призначенням:

- проведення розвідки та моніторингу за допомогою оптико-електронних пристроїв БпНРК;
- подавання води, водних розчинів піноутворювача в компактному, розпиленому та тонкорозпиленому вигляді; повітряно-механічної піни різної кратності на гасіння пожеж;
- підтримка пожежогасіння в будівлях підвищеної поверховості та висотних будівлях, підземних спорудах, метрополітену, на залізничних коліях;
- можливість переміщення сходовими клітинами;
- проведення радіаційної та хімічної розвідки;
- осадження небезпечних хімічних речовин за допомогою розпилених та тонкорозпилених водяних струменів;
- проведення деконтамінації особового складу та техніки;
- проведення тактичної гідравлічної вентиляції;
- проведення тактичної вентиляції за допомогою турбовентиляторних установок;
- виконання робіт щодо очищення місцевості, шляхів та місць виконання робіт за допомогою відвалу бульдозерного типу;
- транспортування потерпілих;
- транспортування вантажів на вантажних платформах БпНРК;
- переміщення вантажів вилковим фронтальним навантажувачем;
- переміщення вантажів за допомогою лебідок;
- використання модулів крану-маніпулятора для роботи з від’ємними висотами;

- виконання робіт в умовах пересіченої місцевості;
- переміщення вантажів тяговим зусиллям БпНРК;
- забезпечення роботи гідравлічного інструменту;
- заживлення електрообладнання;
- освітлення місця виконання робіт;
- евакуація та переміщення автомобільної техніки;
- забезпечення роботи погружних насосних станцій;
- прокладання та збирання магістральних рукавних ліній;
- для дистанційного встановлення заряду вибухової речовини з метою знищення ВНП;
- транспортування найбільш небезпечних ВНП, які споряджені підривниками уповільненої дії, самоліквідаторами гідро-механічного типу для подальшого знищення.

Проведений аналіз підтверджує, що інтеграція безпілотних наземних роботизованих комплексів у діяльність підрозділів ДСНС України є критично важливою в умовах сучасних викликів, зокрема воєнного стану. Використання пожежних та багатофункціональних БпНРК дозволяє не лише підвищити ефективність ліквідації надзвичайних ситуацій, а й мінімізувати ризики для життя та здоров'я особового складу під час роботи в небезпечних зонах. Широкий спектр функціональних можливостей – від пожежогасіння та розвідки до евакуації потерпілих і розмінування – робить ці системи незамінним інструментом для модернізації технічного оснащення рятувальних служб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Каталог LUF Ltd. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/.
2. Каталог Magirus GmbH: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.magirusgroup.com/de/en/products/.
3. Каталог Shark Robotics: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.shark-robotics.com/.
4. Каталог SuperDroid Robots: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.superdroidrobots.com/tactical-robots/.

УДК 614.8:004.896

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОЇ ВІДСТАНІ ПРОКЛАДАННЯ РУКАВНИХ ЛІНІЙ ЗА МАКСИМАЛЬНОЇ ВИТРАТИ ЛАФЕТНИХ СТВОЛІВ БПНРК

***Василь РОТАР**, канд. пед. наук, доц.,*
***Михайло ПУСТОВІТ**, старший викладач кафедри безпілотних систем та робототехніки,*
***Ігор НОЖКО**, канд. пед. наук,*
***Євгеній КОЦАР**, курсант навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки*
Національний університет цивільного захисту України

Сучасні виклики у сфері пожежної безпеки вимагають впровадження інноваційних рішень, серед яких особливе місце посідають безпілотні наземні роботизовані комплекси (БпНРК). Використання таких систем дозволяє мінімізувати ризики для особового складу під час гасіння пожеж у складних та небезпечних умовах. Більшість БпНРК оснащені потужними лафетними стволами з високими показниками витрати води (від 2000 л/хв і більше), що зумовлює необхідність точного розрахунку параметрів подачі вогнегасних речовин. В деяких моделях дистанційно керованих пожежних лафетних стволів передбачена можливість ступінчастої або безступінчастої зміни витрати. Ефективність застосування даних засобів безпосередньо залежить від правильного вибору насосно-рукавних схем та визначення граничних відстаней прокладання ліній для забезпечення номінального напору на стволі

У випадку використання БпНРК з пожежними лафетними стволами без можливості регулювання витрати номінальні (оптимальні значення відповідно до паспортних характеристик) значення дальності подавання вогнегасних речовин можуть бути забезпечені лише за умови дотримання відповідних номінальних значень витрати та напору на стволі [1-4].

У випадку використання БпНРК з пожежними лафетними стволами з можливістю регулювання витрати, за недостатньої кількості води на пожежогасіння, можна забезпечувати номінальні значення дальності подавання вогнегасних речовин за рахунок зниження витрати ствола у разі дотримання номінальних значень напору на стволі [1-4].

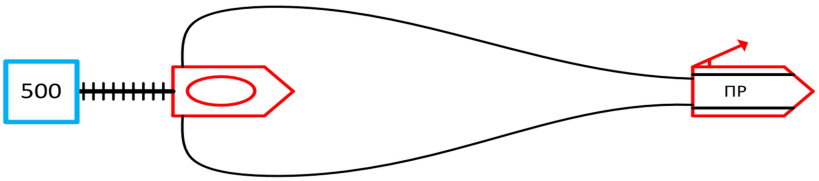
Для ефективного використання БпНРК під час гасіння пожеж необхідно забезпечити виконання низки умов [5]:

- запас води на гасіння пожежі за допомогою БпНРК повинен забезпечувати значення номінальної витрати ствола БпНРК протягом розрахункового (прогнозного) часу гасіння;

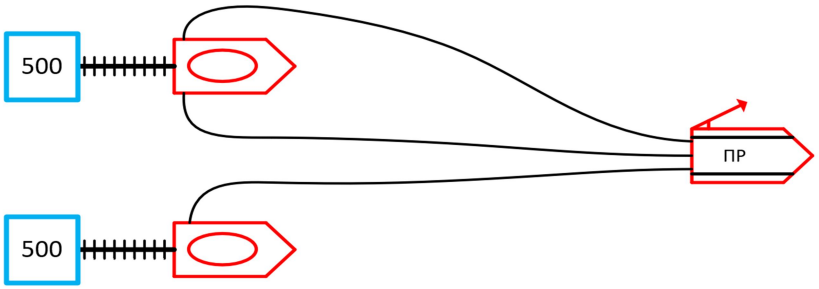
– вибір типу насосно-рукавної схеми повинен базуватись на розумінні явищ пропускної здатності рукавів та втрат напору в рукавних лініях. Типові схеми для використання БпНРК приведені на рис. 1;
– для кожного етапу перекачування води та подавання води до БпНРК необхідно передбачати необхідний запас пожежного устаткування;
– передбачити шляхи введення БпНРК на позиції, виведення та місця для маневрування та розвороту. Шляхи руху БпНРК (за можливості) повинні бути обрані таким чином, щоб мінімізувати можливість пошкодження пожежних рукавів, виходу з ладу рушія БпНРК;
– врахувати можливу необхідність додаткового охолодження БпНРК.



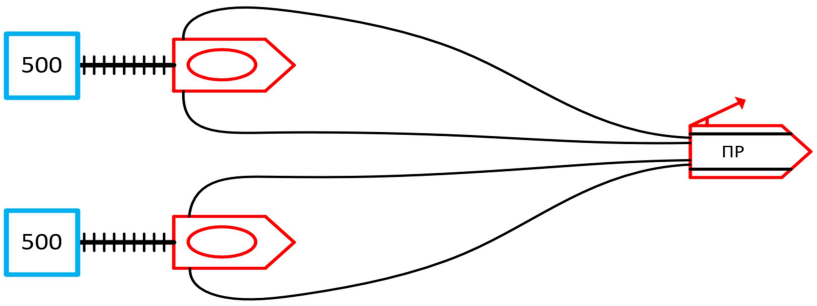
а) з одним вхідним патрубком БпНРК;



б) з двома вхідними патрубками БпНРК;



в) з трьома вхідними патрубками БпНРК



г) з чотирма вхідними патрубками БпНРК

Рисунок 1 – Типові схеми для використання БпНРК

У випадках розгортання магістральних ліній значної протяжності або за умови потреби в оперативному маневруванні БпНРК до складу рукавних систем доцільно інтегрувати розгалуження відповідного типорозміру. Це дозволяє забезпечити прискорене дренування (зливання) робочої рідини для полегшення конструкції та оперативного виведення комплексу з позиції.

Для забезпечення водою БпНРК можна використовувати напряму пожежні насосні станції за умови дотримання відповідного напору на стволі.

При визначенні граничних відстаней прокладання рукавних ліній [6] за максимальної витрати лафетного ствола БпНРК необхідно враховувати, що:

- значення граничних відстаней прокладання рукавних ліній за максимальної витрати розраховано для рукава діаметром 77 мм із значенням гідравлічного опору S=0,015;
- невисокі значення відстаней подавання за умови використання однієї рукавної лінії зумовлені обмеженнями в пропускній здатності пожежного рукава діаметром 77 мм;
- за наявності можливості регулювання витрат лафетного ствола дальність прокладання рукавних ліній буде збільшуватись за умови зменшення витрати ствола.

Результати теоретичних досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Відстані прокладання рукавних ліній за максимальної витрати

Модель БпНРК (П)	Максимальна витрата ствола (БпНРК), л/хв	Максимальна витрата ствола, л/с	Наявність регулювання витрати ствола	Номінальний напір на стволі (на вході в БпНРК), м.вод.ст	Кількість патрубків для приєднання рукавних ліній, шт	Діаметр рукавної лінії, мм	Максимальний напір на насосі, м.вод.ст.	Гранична відстань прокладання рукавних ліній за максимальної витрати, м
LUF 60	3400	56,67	+	20*	3	77(75)	100	298,96
							150	485,81
LUF Nano	2000	33,33	-	70	1	77(75)	100	36,00
							150	96,00
Magirus Wolf R1	2400	40,00	+	70	2	77(75)	100	100,00
							150	266,67
Shark Robotics Colossus	2000	33,33	-	70	1	77(75)	100	36,00
							150	96,00
Magirus AirCore TAF35	4700	78,33	+	130	4	77(75)	100	-
							150	69,53
Змій	1200	20,00	-	60	1	77(75)	100	133,33
							150	300,00

На основі проведених теоретичних досліджень встановлено, що гранична відстань прокладання рукавних ліній для БпНРК суттєво залежить від кількості вхідних патрубків та можливості регулювання витрати лафетного ствола. Аналіз різних моделей показав, що використання лише однієї рукавної лінії діаметром 77 мм значно обмежує дальність подачі води через пропускну здатність рукава, а максимальної дальності подачі вогнегасних речовин можливо досягти лише у випадку використання значень напору на насосі в 150 м. вод. ст. Наявність вбудованої в БпНРК насосної установки (LUF 60) дозволяє суттєво підвищити дальність подавання води, особливо при невисоких значеннях напору. Отримані розрахункові дані дозволяють оперативно планувати розгортання сил і засобів, забезпечуючи оптимальні режими роботи безпілотних систем під час гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Каталог LUF Ltd. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.luf60.at/en/extinguishing-support/.
2. Каталог Magirus GmbH: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.magirusgroup.com/de/en/products/.
3. Каталог Shark Robotics: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://www.shark-robotics.com/.
4. Каталог Rovertech: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: https://rovertech.co.ua/.
5. Довідник керівника гасіння пожежі, Київ: ДСНС, 2015. – 363 с.
6. Наказ ДСНС України від 26.12.2022 № 760 «Про затвердження Методичних рекомендацій з експлуатації та ремонту пожежних рукавів в пожежно-рятувальних підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій».

ЗМІСТ

Том 1

Секція 1. Цивільний захист, пожежна і техногенна безпека та охорона праці 7

Олег ГРИГОР, Олександр ТИЩЕНКО, Ігор МАЛАДИКА
ПРАВОВИЙ СТАТУС ПОЖЕЖНИКІВ-ДОБРОВОЛЬЦІВ ТА РОЗМЕЖУВАННЯ ЗАВДАНЬ МІЖ НИМИ Й ПРОФЕСІОНАЛАМИ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ 7

Ігор ТАБУРЕЦЬ
ТРАНСФОРМАЦІЯ КОНЦЕПТУ БЕЗПЕКИ ГРОМАД В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ..... 12

Ritoldas ŠUKYS, Aušra STANKIUVIENĖ, Justas ŽAROMSKIS
ENHANCING CIVIL PROTECTION INFRASTRUCTURE IN LITHUANIA: EXPERIENCE-DRIVEN IMPLEMENTATION OF PROTECTIVE STRUCTURES..... 18

Georg HEYNE
CIVIL DEFENSE IN GERMANY – A JOINT RESPONSIBILITY 22

Сергій ФІРСОВ, Сергій ДИКАНЬ, Вікторія ЄФРЕМОВА
НАЙПРОСТІШІ УКРИТТЯ: ЧИ ПОТРІБНО НОРМУВАТИ ЧАС ПЕРЕБУВАННЯ В НИХ ЛЮДЕЙ 25

Іван ДАНИЛЬЧУК
ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОСТОВОГО ПОСТА БЕЗПЕКИ 27

Андрій МЕЛЬНИЧЕНКО, Ярослав ІВАНЕНКО
ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКИДОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ..... 29

Андрій МЕЛЬНИЧЕНКО, Єгор ЧЕРЕДНИК
ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ 32

Сергій ВАВРЕНЮК
ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ..... 35

Олексій БАСМАНОВ, Дарина КАРПОВА
МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ВОДНОГО СТРУМЕНЯ В ПОВІТРІ ПРИ ПОЖЕЖОГАСІННІ..... 38

Сергій ГАРБУЗ, Дарина КАРПОВА
МОДУЛЬНІ ТА ШВИДКОСПОРУДЖУВАНІ УКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ..... 40

Віталій КОСТЕНКО
КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ ІНСТИТУЦІЙНОЇ СПРОМОЖНОСТІ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ 43

Олександр ЗЕМЛЯНСЬКИЙ, Віталій КОСТЕНКО
МІЖНАРОДНА УЧАСТЬ СИЛ І ЗАСОБІВ ДСНС УКРАЇНИ
У ПРОВЕДЕННІ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ
В УМОВАХ (ВАЖКОГО) МІСТА 45
Ангеліна БОЦУЛЯК, Олексій АНТОШКІН
ЛІНІЙНІ ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА
ТОЧКОВИМ ДЛЯ ОКРЕМИХ ВИПАДКІВ СИСТЕМ
ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ 48
Катерина ТРИПОЛЬСЬКА, Дмитро КРИШТАЛЬ
ОСОБЛИВОСТІ РЕАГУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ ЦИВІЛЬНОГО
ЗАХИСТУ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ, СПРИЧИНЕНІ
ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ 50
Марія ЧАЛАПЧІЙ, Дмитро КРИШТАЛЬ
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛУ
ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ДО ДІЙ В УМОВАХ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 53
Олександр СІПКО, Богдан ТИЩЕНКО
СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ПРОТИПОЖЕЖНОГО
ВОДОПРОВОДУ: ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УМОВАХ
СУЧАСНИХ ЗАГРОЗ 56
Віталій СЕРБИН
ОСНОВНІ ЗАСАДИ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ (КОНТРОЛЮ)
У СФЕРІ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ: ПОЖЕЖНА
ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 58
Олена ПЕТУХОВА, Катерина ТРИПОЛЬСЬКА
СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО
ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ 60
Ірина МЕЛЬНИК, Катерина САРАХАН
АНАЛІЗ ТИПОВИХ ПОМИЛОК ПРОЄКТУВАННЯ
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ КЛАПАНІВ ДИМОВИДАЛЕННЯ
У ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ 63
Володимир ТРИГУБ
АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ
ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В СИСТЕМІ ПРОФЕСІЙНОЇ
ПІДГОТОВКИ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ 65
Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК, Роман МОТРІЧУК
СТРАТЕГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПЛАНУВАННЯ
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ 68
Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК, Роман МОТРІЧУК
ОРГАНІЗАЦІЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ
ТА ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛУ ПРОМИСЛОВИХ
ПІДПРИЄМСТВ В ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД 70

Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК, Роман МОТРІЧУК
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ДЕФІЦИТУ 72
Андрій ГОНЧАРОВ, Ігор ГАЙДУК, Роман МОТРІЧУК
ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ МІННОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ 74
Костянтин ОСТАПОВ, Кіріл ТРЯПКІН
АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ЗВУКУ ПРИ ПОШУКУ ПОСТРАЖДАЛИХ У РАМКАХ USAR . 77
Костянтин ОСТАПОВ, Денис БОНДАР
ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ВИСОТАХ БУДІВЕЛЬ 79
Olga RYZHCHENKO
EFFECTIVE MASTERING OF ENGLISH FOR SPECIFIC PURPOSES BY NATIONAL UNIVERSITY OF CIVIL PROTECTION OF UKRAINE CADETS AS FUTURE SPECIALISTS IN THE FIELD OF CIVIL PROTECTION AND FIRE SAFETY 81
Сергій РУДАКОВ
ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС БЕЗПРОВІДНОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ 83
Ніна РАШКЕВИЧ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ У СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ 85
Марія КУЦЕНКО
ДОСЛІДЖЕННЯ АДСОРБЦІЇ ВОГНЕГАСЯЧИХ СОЛЕЙ ВИСОКОПОРИСТИМИ НОСІЯМИ 88
Сергій ВЕДУЛА, Віталій НОВГОРОДЧЕНКО, Олексій ГОРДІНКО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ ПРИ ГАСІННІ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ... 91
Ярослав КАЛЬЧЕНКО, Олена БОРСУК, Віталій ДЯКІВ
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КЛЕМНИХ З'ЄДНАНЬ ПРИ ПЕРЕВАНТАЖЕННІ 93
Роман ПУРДЕНКО, Юрій ОТРОШ
КРИТЕРІЇ ВТРАТИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ 95
Віталій НУЯНЗІН, Сергій ВЕДУЛА, Вікторія НЕЗДОЙМІНОВА, Артем ЧЕРНЮК
ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ 98

Віталій НУЯНЗІН, Сергій ВЕДУЛА,
Олександр ОНІЩУК, Єгор ТУРБІН
РИЗИКИ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ АЗОТНИХ ДОБРИВ ПОБЛИЗУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ 100
Олеся КОСТИРКА, Денис РАДЄВ
РОЛЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ В УПРАВЛІННІ РИЗИКАМИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 104
Олеся КОСТИРКА, Анна СВЯТЧЕНКО
ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНІ СИСТЕМИ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЯК СКЛАДОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ 106
Сергій ДОРОШЕНКО, Маргарита САВЧУК
ПОЖЕЖНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ: ЕКСПЕРТНО-КРИМІНАЛІСТИЧНИЙ АСПЕКТ 108
Дмитро ТРЕГУБОВ, Віталій НУЯНЗІН, Єгор ТУРБІН
ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИБУХУ НІТРАТУ АМОНІЮ ТА ЙОГО СУМІШЕЙ АГРОТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 111
Світлана ЖИТНИК
ІНКЛЮЗИВНИЙ ПІДХІД ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В ЗАКЛАДІ ОСВІТИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ 114
Денис КОЛЕСНІКОВ, Ілля ОЧЕРЕТЯНИЙ,
Михайло СУЧКОВ, Валерій ЛОБАС
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНО АКТИВНОГО РЕАГЕНТУ З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯ 116
Сергій *РУДАКОВ, Ростислав ЧЕРЕПАХА*
ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ВИЯВЛЕННЯ ПРИЧЕТНОСТІ ВНУТРІШНІХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ДО ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ 118
Марія ПОЗДНЯКОВА, Михайло ПУСТОВІТ,
Кирило БАСЮРА
ЗАСТОСУВАННЯ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ У СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 121
Анатолій БЄЛІКОВ, Володимир ШАЛОМОВ,
Владислав РУДЕНКО
ІНТЕГРОВАНА МОДЕЛЬ БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИСОТНИХ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 123

Юлія ПАНІМАШ, Анна КАБАЦЬКА
ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У РОБОТУ ЄДИНОЇ ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ЕФЕКТИВНОГО РЕАГУВАННЯ НА СУЧАСНІ ЗАГРОЗИ 126
Аліна КОЛОМОЄЦЬ
МОРАЛЬНА ТРАВМА У ДІЯЛЬНОСТІ РЯТУВАЛЬНИКІВ ТА ПСИХОЛОГІВ ДСНС УКРАЇНИ ЯК ЛАТЕНТНИЙ ЧИННИК ЗНИЖЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ СТІЙКОСТІ..... 129
Олександр ПИЛИПЕНКО, Володимир ШАЛОМОВ, Павло ТИМЧЕНКО
СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕВРАХОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ 132
Максим ДЕМЕНТ, Кіра БАКУШИНА
СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ДІЯЛЬНОСТІ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС 136
Максим ДЕМЕНТ, Каріна ЗАРІЦЬКА
КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ РИЗИКООРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ В УПРАВЛІННІ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ ДСНС УКРАЇНИ..... 139
Сергій НОВАК, Ігор МАЛАДИКА, Максим ПУСТОВИЙ
СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ЗНАЧЕННЯМИ ТОВЩИНИ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА РІЗНИМИ СЦЕНАРІЯМИ УМОВНОЇ ПОЖЕЖІ..... 142
Максим ДЕМЕНТ, Анна ПОЛОВ'ЯН
ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ 144
Максим ДЕМЕНТ, Анастасія ЧЕГОЛЯ
ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА ПРАВОВІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОБРОВІЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УКРАЇНІ 147
Олексій МИГАЛЕНКО, Віталій КОМПАН
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ ПІД ЧАС АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ..... 151
Олексій МИГАЛЕНКО, Денис ЗАГАБА
МЕХАНІЗМИ ПРОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ ОРГАНАМИ УПРАВЛІННЯ ТА ПІДРОЗДІЛАМИ ДСНС УКРАЇНИ 153
Дмитро ГОРИШЕВ, Олексій АНТОШКІН
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОСАДЖЕННЯ ЗАВИСЛОГО В ПОВІТРІ ПИЛУ 156
Жаборовський ЄВГЕНІЙ, Олексій АНТОШКІН
УЗАГАЛЬНЕННЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ЯК СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ..... 158

Артем КАРПОВ
СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ
ВІД ПРИРОДНИХ І ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ 160
Олександр НУЯНЗІН, Таїсія ПОНОМАРЬОВА
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ З МОДЕЛЮВАННЯ
ПОЖЕЖІ В ПРИМІЩЕННІ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД..... 162
Олександр НУЯНЗІН, Юлія ФЕДОРИШИНА
МОДЕЛЮВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП
НАСЕЛЕННЯ ІЗ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО
ЗАХИСТУ 166
Оксана МИРГОРОД, Анастасія РЕПЕТИЛО,
Адріан КРИВЕШКО
ДЕЯКІ ПРИЧИНИ РУЙНУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ..... 169
Руслан КЛИМАСЬ, Олександр ДОБРОСТАН,
Олексій РАТУШНИЙ
ЗАПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО МЕХАНІЗМУ
КОНТРОЛЮВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ
ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ЕКСПЛУАТУВАННЯ..... 171
Валерій КОЛОМІЄЦЬ
ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ БЛОКА КОРЕКЦІЇ
ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ПОЖЕЖОГАСІННЯМ ПОЖЕЖ КЛАСУ В 176
Serhii STAS, Maria RAYKOVA
IMPROVEMENT OF THE SLOT NOZZLE DESIGN
FOR GENERATING WATER JETS OF UNIFORM
THICKNESS..... 180
Віталій СЛОВІНСЬКИЙ
ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА СЦЕНАРІЇ РАДІОАКТИВНИХ
ПОЖЕЖ..... 182
Олександр САВЧЕНКО, Артем ЩЕРБИНА
СПОРУДИ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ЕНЕРГООБ'ЄКТІВ:
КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ОЦІНКА ВИТРАТ 184
Oleksandr SAVCHENKO, Serhiy GARBUZ,
Ulyana TANASIICHUK
IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF "SAFE
EDUCATIONAL ENVIRONMENT" IN EDUCATIONAL
INSTITUTIONS OF UKRAINE AS AN ASPECT OF THE
IMPLEMENTATION OF THE SENDAI FRAMEWORK
PROGRAM: TODAY'S CHALLENGES..... 188
Максим КУСТОВ, Олександр САВЧЕНКО
ОЦІНКА МЕТОДУ РОЗМІЩЕННЯ РЯТУВАЛЬНИХ
ПІДРОЗДІЛІВ РІЗНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СПРОМОЖНОСТІ
ПІД ЧАС ПРОЕКТУВАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ..... 191

Олександр САВЧЕНКО, Анна СТАЦЮК, Неля ГАРЬКАВА
ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВИХ ТІНЕЙ ТА ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ ДЛЯ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ОБ'ЄКТАХ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ..... 195
Віктор СТРІЛЕЦЬ, Сергій СТЕПАНЧУК, Валерій СТРІЛЕЦЬ
МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ДОСТОВІРНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ 199
Арсен ІПІЄВ, Анастасія КОНДРАТЬЄВА
ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ВИКОНАННЯ НОРМАТИВІВ З ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ..... 202
Ярослав КАЛЬЧЕНКО, Альбіна ПШЕНИЧНА, Олександра ГАЙДАЙ
АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ 205
Марина ТАВРЕЛЬ
ПРОФІЛАКТИКА ЗСУВІВ І СЕЛЕЙ ЯК ОСНОВА БЕЗПЕКИ НАСЕЛЕННЯ 208
Валентина БАЛИЦЬКА
СЕНСОРИ ВОЛОГОСТІ НА ОСНОВІ АЛЮМОМАГНІЄВОЇ КЕРАМІКИ 213
Олександр КІРЄЄВ
ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ЛЕГКИЙ СИПКИЙ МАТЕРІАЛ + ШВИДКОТВЕРДІЮЧА ПІНА..... 215
Віталій ЗАЖОМА, Олександр РЯБЧУН
ЙМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ ТА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЦЕСІ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ..... 218
Олександр ЛЄВТЄРОВ, Євгеній СТАТИВКА
СИСТЕМА ДЛЯ ОРІЄНТУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ З НЕЗАДОВІЛЬНИМ ВІЗУАЛЬНИМ КОНТРОЛЕМ..... 221
Руслана ГОРБАТЮК, Віталій СТЕПАНЕНКО
РОЛЬ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ У ПІДВИЩЕННІ РІВНЯ ГОТОВНОСТІ ДО НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ..... 223
Вадим НІЖНИК, Максим ОСАДЧУК
ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ..... 225

Євгеній ШАЙДЮК, Оксана КАСЬЯНОВА
УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ
ДЛЯ ІТ-ПЕРСОНАЛУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ
ТРАДИЦІЙНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ОФІСНИХ БУДІВЕЛЬ..... 228
Наталія ГРЕЧКА, Тетяна КОСТЕНКО
ПОЖЕЖНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА У СУДНОВИХ
ЕНЕРГОУСТАНОВКАХ..... 232
Роман ШЕВЧЕНКО, Артем ГУЗЬ
СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ
СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
ДО УДАРНО-ІМПУЛЬСНИХ ВПЛИВІВ..... 234
Олеся КОВАЛЬ, Дмитро ЖУРБИНСЬКИЙ,
Олена ДАНИК
ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ
РЯТУВАЛЬНИКІВ ДСНС ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ
ПІДТОПЛЕНЬ 236
Олег МИРОШНИК, Сергій ХАРЧЕНКО, Роман ГАЛЕНДА
ЕКСПЕРТНО-АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ
УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЩОДО ФОРМУВАННЯ
ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОНДУ ЗАХИСНИХ СПОРУД
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ..... 239
Тетяна КРИШТАЛЬ, Еліна ГУБАР
ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОГО
ЗАХИСТУ В ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ..... 241
Владислав ЯРОШЕНКО
ОЦІНКА РИЗИКУ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ
РОЗРАХУНКОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ УКОСІВ 244
Ганна ЯРОШЕНКО
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ
ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ 246
Вікторія БИРКО *(наук. керівник І. НЕСЕН)*
РОЛЬ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ
У ЗАПОБІГАННІ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ..... 248
Тарас ГУЦУЛ
НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ ТА ЗАГРОЗИ, СПРИЧИНЕНІ
МІНАМИ..... 251
Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА, Матвій ГОНЧАРЬ
ТЕХНОГЕННІ РИЗИКИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ
В УКРАЇНІ..... 255

Володимир СИДОРЕНКО, Анна ДЕМКІВ,
Олександр ДОЦЕНКО, Альона МИХАЙЛОВА,
Віталій СВІРСЬКИЙ
АНАЛІЗ МНОЖИННИХ ВІДМОВ
У КРИТИЧНИХ ІНФРАСТРУКТУРАХ
НА ПРИКЛАДІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ 257
Володимир ОЛІЙНИК, Ілля КИРИЧЕНКО
ДІЯ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
ВІД ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ НА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ
РЕЗЕРВУАРУ З НАФТОПРОДУКТОМ..... 262
Олексій ТИРСІН, Олег ЗЕМЛЯНСЬКИЙ
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ШЛЯХОМ
ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗЕРВНИХ ВВОДІВ У РОЗПОДІЛЬЧИХ
ПУНКТАХ 265
Вікторія СТЕЦЕНКО, Михайло МУРІН
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ЗАПОВНЕННЯ
ТРУБОПРОВОДІВ ДРЕНЧЕРНИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО
ПОЖЕЖОГАСІННЯ 267
Олександр ЗОБЕНКО, Наталія ЗОБЕНКО
ПОРТАТИВНИЙ СМАРТ-ДЕТЕКТОР ШКІДЛИВИХ ГАЗІВ 270
Вячеслав ДУРЄЄВ, Адріан КРИВЕШКО
РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ВИТРАТИ ВОДЯНОГО
ЗРОШУВАЧА 273
Вячеслав ДУРЄЄВ, Давид МІРОШНИЧЕНКО
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТВОРЕННЯ ВОДЯНИХ
ЗАВІС ЗРОШУВАЧАМИ ЗАГАЛЬНОГО ТА СПЕЦІАЛЬНОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ..... 275
Вячеслав ДУРЄЄВ, Руслан ГОЛУБ
ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПОТОКУ
ВОГНЕГАСНОЇ РЕЧОВИНИ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ..... 277
Євген ТИЩЕНКО, Діана КОТЛЯР
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ТА
БЛИСКАВКОСТІЙКОСТІ МОБІЛЬНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ
ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС У ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ 279
Вадим ЯНІШЕВСЬКИЙ, Аліна ПЕРЕГІН
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-
ЧАСОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ПЕРЕРІЗІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ
КОЛОНИ ПРИ СТАНДАРТНОМУ ВОГНЕВОМУ ВПЛИВІ 282
Дмитро БЕЛЮЧЕНКО, Єгор ЧЕРЕДНИК,
Ярослав ІВАНЕНКО
ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ
НА ВИСОТІ В ЧАСТКОВО ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЛЯХ
ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ 284

Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ, Дмитро СМОЛЯК, Ігор ПОЛІЩУК
ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ НОРМАТИВНОГО ЧАСУ ВИКОНАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ВПРАВИ «ЗАКРІПЛЕННЯ РЯТУВАЛЬНОЇ МОТУЗКИ ЗА КОНСТРУКЦІЮ» 288
Євгеній ШКОЛЯР, Роман МОТРІЧУК, Сергій ХРЯПАК
ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРСОНАЛУ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ЗАГРОЗИ ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ ВІЙСЬКОВОГО ПОХОДЖЕННЯ 291
Євгеній ШКОЛЯР, Роман МОТРІЧУК, Іван ІЩЕНКО
УПРАВЛІННЯ ТЕХНОГЕННИМИ РИЗИКАМИ В ПРОЦЕСІ УТИЛІЗАЦІЇ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ 294
Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ, Ігор КОЗИРА, Віталій ПЕТРОВСЬКИЙ
ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ ТОРФОБРИКЕТНОГО ВИРОБНИЦТВА..... 298
Василь КОВАЛИШИН, Володимир МАРИЧ, Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ, Володимир КОВАЛИШИН
МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ 301
Ярослав БАЛЛО, Вадим НІЖНИК, Олександр ТЕСЛЕНКО, Вікторія БАЛЛО
ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЛЯ ІСНУЮЧИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД 305
Юрій ФЕЩУК
ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЛАДІВ (ПРИСТРОЇВ) ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ МАСОВОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТОКСИЧНИХ ГАЗОПОДІБНИХ РЕЧОВИН 308
Андрій ГЕЛЕТЕЙ, Сергій ЯКУХІН
МЕТА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТИКИ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 310
Євгеній ЖАБОРОВСЬКИЙ, Сергій ЯКУХІН
СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ЯК СКЛАДОВА АВТОМАТИКИ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ..... 313
Максим КУСТОВ, Артем КАРПОВ
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РІЗНИХ МЕТОДІВ РОЗМІНУВАННЯ В КОНТЕКСТІ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ.... 318
Роман ШЕВЧЕНКО, Юлія ПОГРІБНА
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ЦИФРОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПОЖЕЖНІ ТА ТЕХНОГЕННІ АСПЕКТИ..... 320

Андрій ГЕЛЕТЕЙ, Сергій БОНДАРЕНКО
АНАЛІЗ СТАНУ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ СИСТЕМАМИ ПОЖЕЖНОЇ АВТОМАТИКИ 323
Віталій ЯКОВЧУК, Василина КАЧОР
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ РИЗИКІВ ТА ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ 326
Олександр ДЕРЕВ'ЯНКО, Давид МІРОШНИЧЕНКО
ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ШАРУ ОБВУГЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ 329
Яна ГОНЧАРЕНКО, Назар ЮРЕЦЬ
СИЛІКОФОСФАТНІ ПОКРИТТЯ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ ВИРОБІВ: ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ 331
Олександра ПЕКАРСЬКА, Софія БУРА
МІНІМІЗАЦІЯ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ НА АЗС ЧЕРЕЗ ПОЄДНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАХОДІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ОБІЗНАНОСТІ ГРОМАДЯН 333
Владислав ЛОМАКІН
УКРИТТЯ НАСЕЛЕННЯ В ОБ'ЄКТАХ ФОНДУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ 336
Микола ЛИСИЦЯ, Геннадій АГАЛЬЦОВ, Аліна НОВІКОВА, Євген КАЛГАНКОВ, Наталія ЛИСИЦЯ
ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ВІД ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИРОДНОГО ТА ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРУЖНО-СПАДКОВИХ ЗАХИСНИХ ЕЛЕМЕНТІВ 338
Ігор НЕКЛОНСЬКИЙ
СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ 341
Ігор МАЛАДИКА, Оксана АКУЛОВА, Максим КУХАРЕНКО
КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМУ ВПЛИВІ ВНАСЛІДОК ОБСТРІЛІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ 344
Лариса МАЛАДИКА, Ілля ТРОЯН
СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛІ ШЛЯХІВ ЕВАКУАЦІЇ З БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД 346

Лариса МАЛАДИКА
ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА ОБ'ЄКТАХ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ 348
Ігор МАЛАДИКА, Олександр ТИЩЕНКО, Володимир ЦІКАНОВСЬКИЙ
ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК СКЛАДОВА ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ..... 350
Юрій ФІЛІМОНОВ, Сергій РОТТЕ
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВАЖКОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ 352
Ярослав САПЕГІН, Сергій РОТТЕ
ФІЗИЧНА ПІДГОТОВКА ЯК СКЛАДОВА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ РЯТУВАЛЬНИКІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ..... 355
Едуард ЩОЛОКОВ
ПОРІВНЯННЯ АНАЛІТИЧНИХ ТА ІМІТАЦІЙНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ..... 358
Лариса ТРЕФІЛОВА, Лариса БОРИСОВА, Олександр СОБОЛЄВ, Владислав ЧУБ
МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРІ У РАЗІ АВАРІЇ НА АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ..... 360
Олександр ТИЩЕНКО, Вікторія СИТНИК, Ігор ЛІТОВЧЕНКО
КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ МАСОВИХ ЗАХОДІВ: ПРЕВЕНЦІЯ, УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ТА АЛГОРИТМИ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ 363
Ігор ТОЛОК, Євгеній РИБКА, Володимир КОЛОСКОВ, Лариса МАЛАДИКА
ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ЛЯПУНОВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВИЯВЛЕННЯ ЗАГОРЯНЬ МАТЕРІАЛІВ 365
Іван ПЕТРЕНКО, Євгеній ЛАШКО, Анна РАДОЧИНА
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКІВ НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ..... 368
Андрій КОВАЛЬОВ, Денис ДРАЖНІКОВ, Денис КОЛОМІЄЦЬ
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ..... 371

Віталій ТОМЕНКО, Марина ТОМЕНКО
ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУДІВЕЛЬ ПІСЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ІМПУЛЬСНОГО АВАРІЙНОГО ВПЛИВУ 374
Артем БИЧЕНКО, Олег КУЛІЦА, Наталія ЗОБЕНКО, Дмитро МОРОЗ
ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ПОЖЕЖНИХ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ 377
Василь РОТАР, Михайло ПУСТОВІТ, Ігор НОЖКО, Євгеній КОЦАР
ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОЇ ВІДСТАНІ ПРОКЛАДАННЯ РУКАВНИХ ЛІНІЙ ЗА МАКСИМАЛЬНОЇ ВИТРАТИ ЛАФЕТНИХ СТВОЛІВ БПНРК 381

Наукове електронне видання

МАТЕРІАЛИ
І Міжнародної
науково-практичної конференції
«ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПЕКИ:
СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ»

12–13 березня 2026 року, м. Черкаси

Том 1
ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ, ПОЖЕЖНА І ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

В авторській редакції

Технічний редактор *Катерина Давиденко*

Гарн. Times New Roman. Обл.-вид. арк. 25,1. Зам. 26-016.

Черкаський державний технологічний університет
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 896 від 16.04.2002.
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.
Редакційно-видавничий відділ ЧДТУ
red_vidav@ chdtu.edu.ua